This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

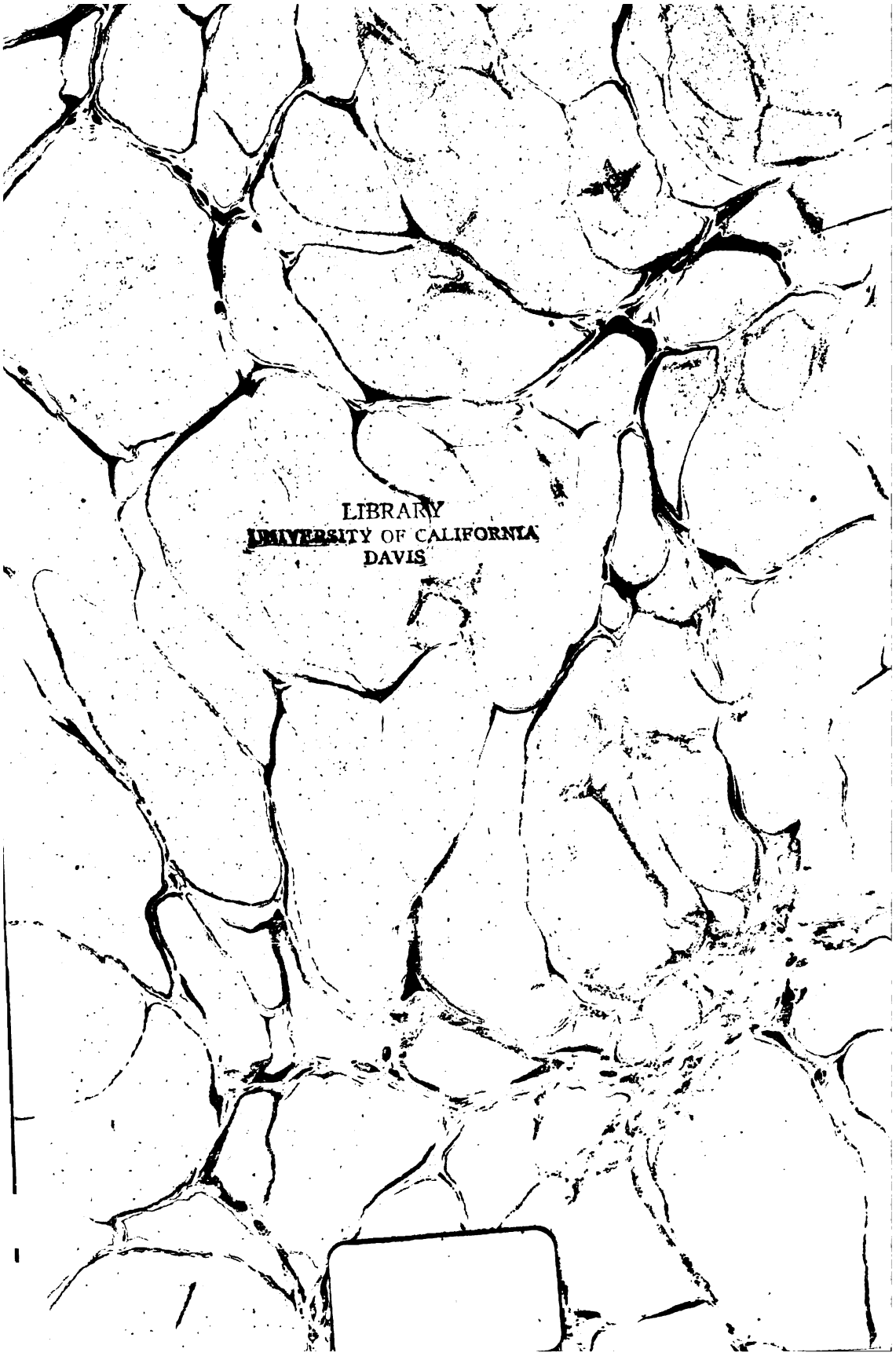
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

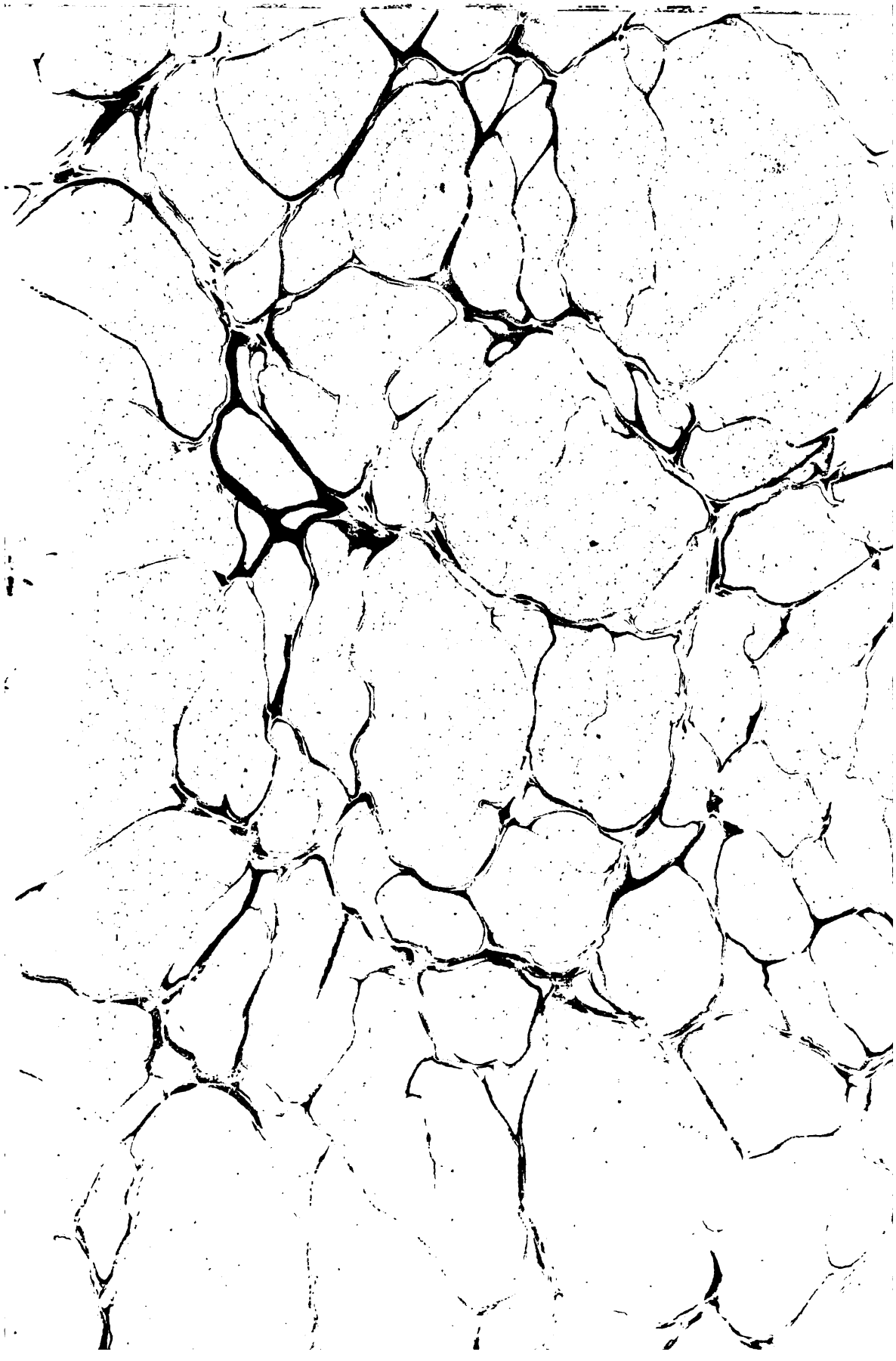
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

UC-NRLF
B 3 755 979


LIBRARY
UNIVERSITY OF CALIFORNIA
DAVIS



V 7144

5 vol. reliés en 9

25 f.

MINÉRALOGIE

DE

LA FRANCE

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

A. LACROIX

MINÉRALOGIE
DE LA FRANCE
ET
DE SES COLONIES

DESCRIPTION PHYSIQUE ET CHIMIQUE DES MINÉRAUX
ÉTUDE DES CONDITIONS GÉOLOGIQUES
DE LEURS GISEMENTS

TOME PREMIER

P.J.E.E.CHAMBOST
R -4 JUIL 1911
PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, BAUDRY ET Cie, ÉDITEURS
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÈGE, RUE DES DOMINICAINS, 7
1893
Tous droits réservés.

LIBRARY
UNIVERSITY OF CALIFORNIA
DAVIS

INTRODUCTION

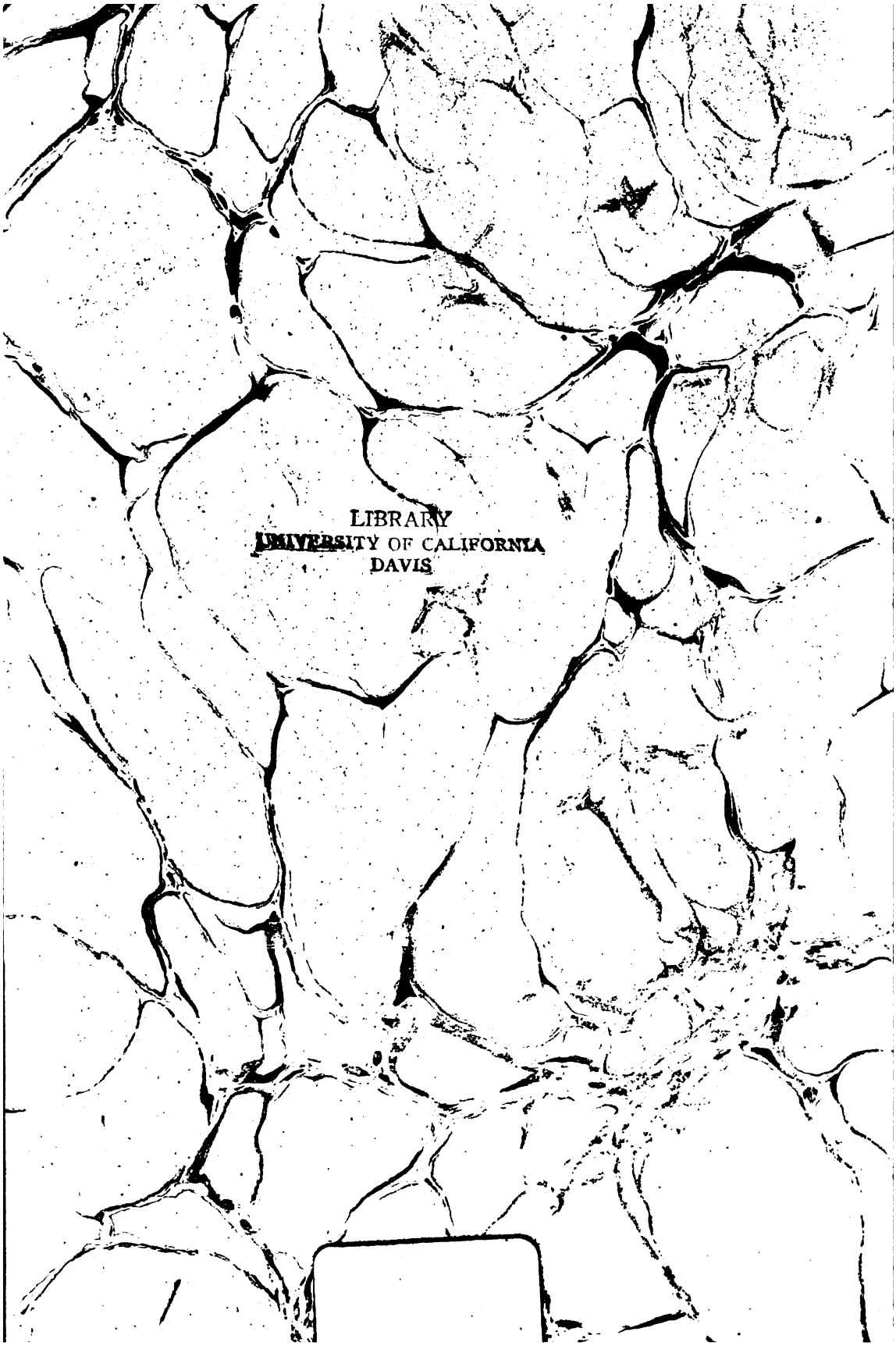
La lecture des traités de minéralogie les plus récents, l'étude de nos grandes collections publiques tendent à faire considérer la France comme fort pauvre en minéraux. Le fait paraît étrange, quand on jette les yeux sur une carte géologique de notre pays, et que l'on constate le grand développement qu'y prennent les schistes cristallins et les formations paléozoïques, les roches éruptives anciennes et les roches volcaniques modernes.

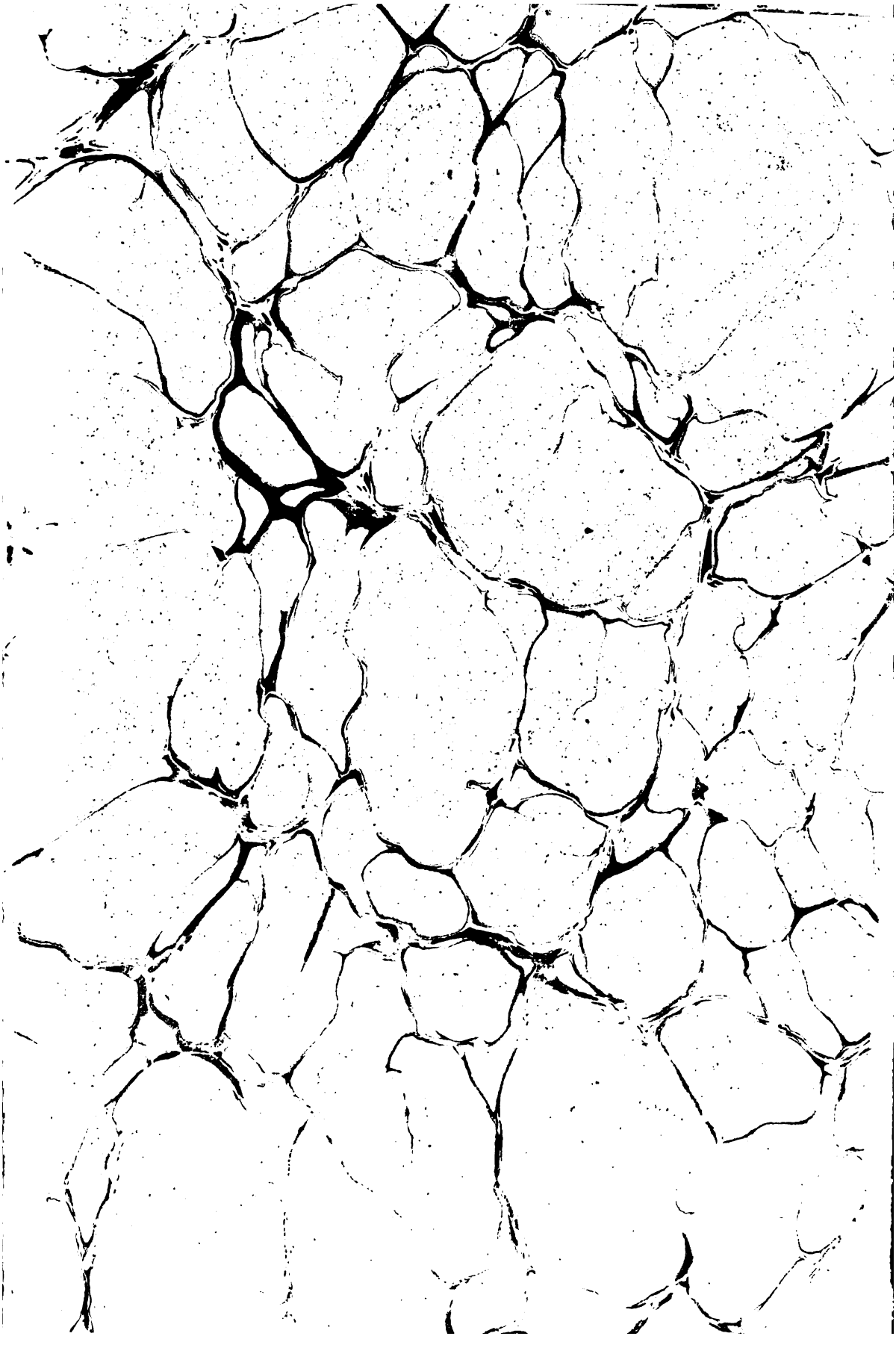
Il n'est pas nécessaire cependant d'étudier bien à fond les Pyrénées, la Bretagne, le Plateau Central, le Dauphiné et les Vosges pour s'assurer que cette pauvreté en minéraux n'est qu'apparente et n'est qu'une conséquence du peu de faveur dont jouissent chez nous les études minéralogiques sur le terrain et les exploitations minières.

Il y a longtemps que ce fait m'a frappé et que j'ai commencé à recueillir tous les documents pouvant intéresser la minéralogie de la France.

J'ai visité la plupart des gisements anciennement connus, j'en ai découvert moi-même de nouveaux[1] ; enfin j'ai étudié plusieurs

1. Quelques-uns d'entre eux ont été brièvement décrits dans les *Comptes Rendus* et le *Bulletin de la Société minéralogique de France*.


LIBRARY
UNIVERSITY OF CALIFORNIA
DAVIS



1/2144

5 vol. reliés en 9

25 f.

MINÉRALOGIE

DE

LA FRANCE

Formes observées. Pour le système de Miller, je me suis conformé aux conventions en usage dans le *Bulletin de la Société française de minéralogie* (Voy. t. I, 13. 1879) et dans le *Zeitschrift für Krystallographie*. De même pour les systèmes hexagonal et rhomboédrique, j'ai fait usage des symboles à quatre caractéristiques de Bravais.

Les formes énumérées sont *exclusivement* celles qui ont été observées sur les cristaux des gisements décrits dans cet ouvrage.

Macles, angles mesurés. Il en est de même pour les macles et les angles mesurés : des initiales indiquent le nom des observateurs et des localités où ont été recueillis les cristaux. Lorsque mes mesures n'ont pas été satisfaisantes, je me suis contenté de donner les angles calculés, correspondant aux faces citées plus haut.

Par macles d'origine secondaire, j'ai désigné les macles produites par compression ou choc, soit qu'elles aient pu être déjà déterminées artificiellement, soit que l'observation optique m'ait montré leur postériorité aux déformations mécaniques subies par les cristaux qui les présentent.

Faciès des cristaux. Dans ce paragraphe, je me suis occupé des directions d'allongement, d'aplatissement des cristaux, directions qui jouent un certain rôle dans le diagnostic de chaque minéral, et qui sont souvent particulières à des gisements déterminés. Les stries, cannelures, irrégularités des faces, l'hémiédrie, l'hémimorphisme des cristaux sont également traités dans ce paragraphe.

Déformations mécaniques. Les minéraux d'un grand nombre de gisements, et particulièrement de ceux que l'on observe dans les régions disloquées, ont subi l'influence des mouvements orogéniques ; ils présentent souvent alors des déformations qui ont été étudiées en détail.

Clivages. J'ai réuni dans ce paragraphe les clivages et la cassure. J'ai désigné par *plans de séparation* ce que les minéralogistes étrangers appellent *glidingplanes*, *gleitflächen* (ex. plans de séparation h^1 (100) du diallage, p (001) du pyroxène). Ils diffèrent des clivages proprement dits en ce qu'ils sont d'origine secondaire, qu'ils ont été produits généralement par compression, et sont souvent accompagnés de mâcles.

Dureté, densité. Après avoir indiqué la dureté et la densité particulières à l'espèce, j'ai donné le plus grand nombre possible de mesures de densité faites sur les échantillons des gisements que j'ai étudiés. Elles ont été prises par la méthode de la balance hydrostatique pour les minéraux de densité supérieure à 3, 3, et à l'aide des liqueurs denses pour les minéraux plus légers.

Coloration. J'ai donné ici la couleur des cristaux vus sans instruments d'optique, l'éclat, la couleur de leur poussière, ainsi que les caractères de transparence.

Inclusions. Les inclusions caractéristiques et particulièrement celles dont la présence peut faire varier la composition chimique d'une façon notable ont été étudiées avec soin. Je ne me suis pas préoccupé, bien entendu, des inclusions que l'on rencontre occasionnellement et qui sont, par suite, dépourvues de généralités.

Propriétés optiques. De même que dans l'ouvrage « *Les Minéraux des Roches* » que nous avons publié, M. Michel Lévy et moi[1], j'ai toujours considéré l'ellipsoïde des indices, dont les trois axes n_g, n_m et n_p sont les trois indices principaux de réfraction. Ils correspondent respectivement aux notations α, β, γ employées par M. des Cloizeaux dans son *Manuel de minéralogie*, aux indices γ, β, α et aux axes d'élasticité c. b. a des auteurs allemands.

1. *Les minéraux des Roches*, Baudry, 1888, in-8.

Les indices ont été mesurés soit par la méthode du prisme, soit par le procédé de la réflexion totale, à l'aide du réfractomètre de M. E. Bertrand. Dans ce cas, il en a été fait mention spéciale.

La biréfringence maxima a été, soit déduite de la mesure des indices, soit mesurée directement pour la lumière blanche à l'aide du comparateur de M. Michel Lévy. J'ai désigné, comme on le fait généralement, par 2 V l'angle réel des axes, par 2 E leur angle dans l'air, et par 2 H leur angle mesuré dans l'huile par M. Des Cloizeaux. Les indices de l'huile employée par ce savant sont les suivants :

rouge.	jaune (Na).	vert.
1.466	1.468	1.4705

Quant à la notation 2 I, elle représente l'angle des axes mesuré dans l'*iodure de méthylène*, dont voici les indices donnés par M. Brauns (*N. J.* 1886. II. 76) :

Température.	Li.	Na.	Tl.
14° C.	1.7306	1.7424	1.7540
31° C.	1.71904	1.7200	1 7415

Entre ces limites de température, la valeur de ces indices décroît des quantités suivantes pour un accroissement de 1° C.

Li.	Na.	Tl.
0.0068	0.0071	0.0074

Dans un grand nombre de cas, les cristaux que j'ai eus à étudier étaient trop petits pour que la mesure de l'écartement des axes pût être faite par les méthodes ordinaires. Je me suis

alors servi du procédé indiqué par M. Mallard et consistant à mesurer, à l'aide d'un micromètre à fil mobile, la distance 2 *d* comprise entre les sommets des hyperboles d'une plaque perpendiculaire à la bissectrice aiguë.

En employant toujours le même objectif et en plaçant toujours la lentille mobile (lentille Bertrand) à la même place, l'écartement des axes dans l'air est donné par la formule :

$$sin\ E = \frac{d}{M}$$

M étant une constante déterminée une fois pour toutes, à l'aide d'un minéral dont l'écartement des axes dans l'air (2 E) a été mesuré avec soin. Dans la pratique, il est indispensable d'avoir une série de constantes pour chacune des différentes positions que l'on peut être appelé à donner à la lentille Bertrand.

Quand l'écartement des axes (2 E) dépasse 100° environ, j'emploie un objectif et un condenseur en flint très réfringent, me permettant d'effectuer la mesure de 2 *d*, même quand cette valeur est très grande. Dans ces conditions, j'ai donné seulement l'angle réel des axes 2 V calculé à l'aide de la formule :

$$sin\ V = \frac{d}{M\ n_m}$$

Enfin, dans des cas spéciaux, lorsque le minéral à étudier est trop mince et trop peu biréfringent, l'emploi de la lentille Bertrand ne donne plus que des images incertaines sur lesquelles aucune mesure n'est possible. J'ai remédié à cet inconvénient de la façon suivante :

On sait qu'il est possible d'observer très nettement les images d'interférence de la lumière convergente sans recourir à la lentille Bertrand, en plaçant une loupe à une distance convenable au dessus de l'oculaire d'un microscope à lumière parallèle.

J'ai fait construire par M. Nachet un oculaire tel que l'on peut remplacer la loupe dont il vient d'être question par la lentille supérieure de son oculaire n° 1.

Il suffit alors d'enlever la lentille inférieure de l'oculaire à réticule mobile servant aux mesures ordinaires, et de visser cet appareil ainsi modifié sur mon nouvel oculaire. Les images que l'on obtient avec ce dispositif sont plus grandes qu'avec celui de von Lasaulx, plus petites et plus nettes qu'avec celui de M. Bertrand. On peut ainsi bénéficier des avantages des deux méthodes.

Les propriétés optiques ont été résumées sur de petites épures représentant généralement le plan des axes optiques. L'angle réel des axes (2 V), et souvent l'angle apparent (2 E) y ont été dessinés en vraie grandeur autour de la bissectrice aiguë.

Grâce à l'habileté de M. Ivan Werlein, j'ai pu obtenir des prismes et des plaques de cristaux extraordinairement petits qui semblaient au premier abord devoir se refuser à une étude optique complète.

Pléochroïsme. J'ai donné généralement les couleurs de pléochroïsme observées sur les minéraux taillés en lames de 0^{mm} 02, c'est-à-dire avec l'épaisseur habituelle des coupes destinées à l'étude des roches ; quand cela a été possible, j'ai indiqué les teintes pour une épaisseur plus grande, variant de 1^{mm} à 0^{mm} 5, suivant la transparence des cristaux.

Composition chimique. Autant que possible, j'ai fait l'analyse des minéraux que j'ai eus entre les mains; toutes les fois qu'une substance n'a pu être triée au microscope, je me suis abstenu de faire sur elle des essais quantitatifs. J'ai eu soin de rapporter les analyses faites antérieurement sur les minéraux français; quelques-unes de date ancienne n'ont été citées qu'au point de vue historique.

Essais pyrognostiques. Sous cette rubrique, j'ai réuni tous les essais qualificatifs effectués soit au chalumeau, soit dans le matras, soit enfin par l'action des acides.

Altérations. Ainsi que je l'ai dit plus haut, les altérations et pseudomorphoses des minéraux m'ont toujours préoccupé. Toutes les fois que cela m'a paru utile, j'ai donné des figures pour mettre en lumière les relations existant entre le minéral ancien et les produits récents.

Diagnostic. J'ai résumé en quelques lignes les caractères spéciaux à chaque minéral, ceux qui permettent de le distinguer rapidement, soit en échantillons *macroscopiques*, soit en individus *microscopiques*, engagés dans les plaques minces de roches.

J'ai rappelé la densité, l'action de l'acide fluorhydrique et de l'électro-aimant : les données qui en résultent faciliteront les recherches pour les séparations mécaniques ou chimiques de ces minéraux, engagés dans les roches ou recueillis dans les sables.

Gisements et associations. Pour chaque minéral, j'ai étudié séparément les conditions géologiques dans lesquelles on les rencontre. Les divisions étant une fois établies, j'ai résumé brièvement les formes particulières sous lesquelles les minéraux se présentent dans chacune d'entre elles, et les substances qui les accompagnent ordinairement. Puis chaque gisement est étudié dans l'ordre géographique suivant : Normandie, Bretagne et leurs annexes, Vendée, Pyrénées et annexes (Corbières), Montagne Noire, Plateau Central et annexes, Vosges, Ardennes, Alpes, Esterel[1], Corse, Algérie, Colonies françaises et pays de Protectorat. Les gisements que j'ai eu l'occasion d'étudier à peu de distance des frontières ont

1. Les minéraux, peu nombreux du reste, que l'on trouve dans les formations secondaires, tertiaires ou récentes des bassins de la Seine, de la Loire, de la Garonne et du Rhône, seront étudiés en dernier lieu.

été désignés par un signe spécial [Espagne], [Alsace], [Ardenne belge], [Alpes suisses ou italiennes].

Dans chacune de ces régions, l'ordre descriptif a été le même, à moins que la clarté de mon exposition n'ait nécessité des interversions.

C'est dans le texte même de la description de chaque gisement qu'ont été intercalées les figures représentant les formes qui y ont été observées.

ABRÉVIATIONS

OUVRAGES PÉRIODIQUES

A. M. *Annales des Mines*. Paris.
A. P. C. *Annales de Physique et de Chimie*. Paris.
B. C. F. *Bulletin des Services de la Carte géologique détaillée de la France*. Paris.
B. S. G. *Bulletin de la Société géologique de France*. Paris.
B. S. M. *Bulletin de la Société minéralogique de France*. Paris.
C. R. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Paris.
J. M. *Journal des Mines*, fondé en 1797 et continué en 1816 par les *Annales des Mines*.
J. P. *Journal de Physique* (1771-1823). Paris.
N. J. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, etc. Leipzig.
P. A. *Annales de Poggendorf*. Leipzig.
Z. d. G. *Zeitschrift d. deutsch. geologisch. Gesellschaft*. Berlin.

NOMS D'AUTEURS

Dx. Des Cloizeaux.
Fq. Fouqué.
Lx. A. Lacroix.
Ml. Michel Lévy.
M. Marignac.
R. vom Rath.

L'indication *op. cit.*, accompagnant les citations des auteurs suivants, se rapporte aux ouvrages dont voici les titres :

Baret. — *Description des minéraux de la Loire-Inférieure*. Nantes, 1885.

CHARPENTIER (DE). — *Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées.* Paris, 1823.

DES CLOIZEAUX. — *Manuel de minéralogie.* Paris, Dunod, 1862-1872-1893.

DRIAN. — *Minéralogie et pétralogie des environs de Lyon.* Lyon, 1849.

FOUQUÉ ET MICHEL LÉVY. — *Minéralogie micrographique.* Paris, Quantin, 1879.

GONNARD. — *Minéralogie du Puy-de-Dôme.* Paris, Savy, 1876.

GROTH. — *Tabellarische Uebersicht der Mineralien.* Braunschweig, 1889.

HAÜY. — *Traité de minéralogie*, 4 vol. in-8 et atlas. Paris, 1801, et 2e éd. 1822.

LIMUR (DE). — *Catalogue des minéraux du Morbihan.* Vannes, 1884.

MICHEL LÉVY et LACROIX. — *Les minéraux des Roches.* — Paris, Baudry, 1888, et *Tableau des minéraux des Roches*, id. 1889.

ROMÉ DE L'ISLE. — *Cristallographie*, 4 vol. in-8. Paris, 1783.

MINÉRALOGIE DE LA FRANCE

SILICATES ET TITANATES

SILICATES BASIQUES

STAUROTIDE

$\mathbf{H^4\ (Fe\ Mg)^6\ (Al\ Fe)^{24}\ Si^{11}\ O^{66}}$ (Friedl.)

Orthorhombique : $mm = 129°\ 26'$ (Dx.)
$b : h = 1000 : 615{,}183$. $D = 903{,}834$. $d = 427.095$
$[a : b : c = 0{,}47234 : 1 : 0{,}68036]$

Formes observées. m (110), g^1 (010) ; p (001), a^1 (101).

Macles. Macles rectangulaires suivant $e^{2/3}$ (032) ; macle à 60° suivant $(b^1 b^{1/5} g^{1/2})$ (232). Les faces d'association de ces macles n'ont jamais été observées. Je n'ai pas rencontré dans les gisements français la macle suivant g^2 (130) signalée par M. E. Dana dans les cristaux de Fannin C° (Georgia).

M. Mallard a proposé de changer d'axes de telle sorte que :

L'ancien	a^1 (101)	devienne	m (110)
—	p (001)	—	g^1 (010)
—	g^1 (010)	—	p (001)
—	m (110)	—	$a^{3/2}$(203)

Les paramètres deviennent alors $a : b : c = 0.694 : 1 : 0.979$, c'est-à-dire à peu de chose près $0.707 : 1 : 1$ ou $1 : \sqrt{2} : \sqrt{2}$, ce qui revient à dire que le réseau de la staurotide est pseudo-cubique. L'axe

a est donc un axe pseudo-quaternaire, et les axes b et c des axes pseudo-binaires. Cette nouvelle notation a l'avantage d'expliquer les macles de la staurotide. En effet, dans la macle à 90°, l'un des individus constituants a tourné de 90° autour de l'axe pseudo-quaternaire pg^1 (001)(010), et dans la macle à 60°, il y a eu rotation de 180° autour de l'axe pseudo-binaire normal à $b^{1/2}$ (111).

J'ai conservé ici l'ancienne position adoptée par M. des Cloizeaux dans son Manuel.

Les cristaux des gisements français ne se prêtent pas à des mesures suffisamment précises pour être citées ; je me contenterai d'indiquer les angles calculés à l'aide des données ci-dessus :

	angles calculés		angles calculés		angles calculés
mm	129° 26′	$p\,a^1$	124° 46′	$^*m\,a^1$	137° 58′
$^*mg^1$	115° 17′ (Dx.)	$a^1\,a^1$ (sur p)	69° 32′		

Faciès des cristaux. Les cristaux de staurotide sont toujours allongés suivant l'axe vertical ; ils ne sont jamais aplatis suivant g^1 (010) comme quelques-uns de ceux du Saint-Gothard ; la face a^1 (101) est généralement peu développée ; p (001) manque très rarement. Dans quelques cristaux, ces dernières faces sont rugueuses et même parfois creuses. Il existe de grandes variations dans les dimensions relatives des individus constituant les macles. Dans les macles suivant $e^{2/3}$ (032), tantôt les deux composants ont les mêmes dimensions (fig. 6), tantôt l'un d'eux beaucoup plus gros englobe le second (fig. 7).

Dans les macles suivant (232), il arrive fréquemment que l'un des individus est imparfaitement développé à l'une de ses extrémités. Dans un seul gisement, j'ai rencontré la macle constituée par trois individus, comme le montre la figure 9.

Déformations mécaniques. Quelques cristaux de Bretagne ont été courbés d'une façon plus ou moins intense sans offrir cependant de cassures. Dans d'autres cas, les cristaux brisés ou tordus sont ressoudés par du quartz.

Clivages. Le clivage suivant g^1 (010) est net, mais souvent interrompu ; il en existe des traces suivant m (110). La cassure est conchoïdale ou inégale.

Dureté. 7 à 7. 5.

Densité. 3. 4 à 3. 8. Les variations de dureté et de densité tiennent aux nombreuses inclusions signalées plus loin.

Coloration. Brun rouge, rouge foncé ou brun noir. Éclat vitreux, passant au résineux dans la cassure. Poussière blanche. Le minéral est transparent ou translucide sur les bords, toujours transparent en lames minces.

Inclusions. La staurotide de la plupart des gisements français, même lorsqu'elle se présente en cristaux distincts, renferme une quantité considérable d'inclusions de quartz, ainsi que le montre la figure 8 représentant une coupe mince faite dans un petit cristal très net de Baud. Il existe en outre des inclusions de rutile, de tourmaline, etc., qui n'ont rien de caractéristique.

Les cristaux des schistes paléozoïques renferment souvent des inclusions noires charbonneuses analogues à celles de l'andalousite (chiastolite); elles sont distribuées soit d'une façon quelconque, soit d'une façon régulière parallèlement à certaines des faces du cristal (fig. 10 et 11).

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100).

Bissectrice aiguë *positive*, perpendiculaire à p (001).

Les cristaux de nos gisements ne se prêtent pas à des mesures d'indices. Je me contenterai de donner ici ceux que nous avons mesurés, M. Michel Lévy et moi, sur la staurotide du Saint-Gothard pour la lumière du sodium :

$$\mathbf{n}_g = 1.746$$
$$\mathbf{n}_m = 1.741$$
$$\mathbf{n}_p = 1.736$$

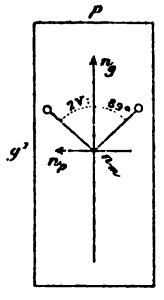


Fig. 1.
Section h^1 parallèle au plan des axes optiques.

La biréfringence maximum est (moyenne des mesures directes) :

$$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0.012$$

L'écartement réel des axes optiques de la staurotide des micaschistes de Coadrix et de celle des schistes siluriens de Forges-Neuves (Finistère) oscille entre 88° 30′ et 90° ; il est un peu variable dans les diverses plages d'un même cristal. Quelques cristaux de Coadrix donnent par clivage des lames g^1 (010), suffisamment transparentes pour permettre de mesurer l'écartement des axes autour de la bissectrice obtuse *négative*.

La dispersion est faible avec $\rho > v$. M. des Cloizeaux a constaté que l'écartement des axes diminuait avec l'augmentation de la chaleur.

Pléochroïsme. En lames minces, la staurotide est toujours pléochroïque, bien qu'avec une intensité variable suivant les gisements.

On observe généralement les teintes suivantes dans les plaques de $0^{mm}02$:

$\mathbf{n_g}$ = jaune d'or
$\mathbf{n_m}$ = jaune pâle
$\mathbf{n_p}$ = incolore

Composition chimique. La staurotide est essentiellement un silicate d'alumine et de protoxyde de fer; sa formule prête à discussion. Les inclusions que renferme le minéral atteignent parfois 40 0/0 et il est souvent difficile de le purifier complètement, même après traitement par l'acide fluorhydrique, comme l'a fait autrefois M. Lechartier. J'ai donné plus haut la formule adoptée par M. Friedl (*Z. K.* X. 373), à la suite d'analyses faites sur des cristaux purifiés avec le plus grand soin. Plus récemment, M. Coloriano a proposé (*Bull. Soc. chim.*, XLIV, 427, 1885) la formule :

$$H^2 Fe^2 Al^{12} Si^5 O^{51}$$

que M. Groth transforme de la façon suivante :

$$H^2 Fe^2 Al^{10} Si^4 O^{26}$$

Les analyses *a*) et *b*) dues à M. Rammelsberg (*Z. d. G.* XXV, 57) ont été effectuées sur des cristaux du Morbihan. La teneur en silice paraît un peu trop forte, sans doute à cause d'une petite quantité d'inclusions quartzeuses, non éliminées avant l'analyse. Je donne à titre de document historique les analyses faites sur le minéral du même gisement *c*) par Collet Descotils (*J. P.* an 6. III 66), *d*) par Vauquelin (*J. M.* VIII, 354), *e*) et *f*) par Jacobson (*P. A.* LXII. 419), et *g*) par M. Rammelsberg (*P. A.* CXIII. 599) à une époque où les cristaux non étudiés au microscope passaient pour homogènes.

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)	*f*)	*g*)
SiO^2...	30.23	31.76	48.0	33 00	39.19	40.35	50.75
TiO^2...	0.29	1.00	»	»	»	»	»
AlO^3...	51.16	50.03	40.0	44.00	44.87	44.22	34.86
Fe^2O^3..	»	»	9.5	13.00	15.09	15.77	2.86
Mn^2O^3..	»	»	0.5	1.00	0.17	0.20	traces
FeO....	14.66	14.18	»	»	»	»	10.45
MgO...	2.73	2.07	CaO=1.0	3.84	0.32	»	1.80
H^2O...	1.26	0.96	»	»	»	»	0.38
	100.33	100.00	99.0	94.84	99.64	100.44	101.10

M. Lechartier a montré dans sa thèse (Paris, 1864, p. 16) combien étaient grandes les proportions des inclusions quartzeuses dans les

staurotides bretonnes. Il a donné la densité et les dosages de silice, effectués sur les mêmes cristaux avant (*a*) et après (*b*) purification à l'acide fluorhydrique.

a)

	I			II	III
SiO^2.....	54.15	48.57	46.21	49.36	41.36
Perte au feu...	1.10	1.10	1.30	1.01	1.41
Densité	3.35	3.34	3.39	3.34	3.39

b)

SiO^2.....	28.16	28.98	29.15
Perte au feu...	1.55	1.43	1.49
Densité	3.75	3.70	3.76

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau. Difficilement attaquable par l'acide sulfurique. Inattaquable à froid par l'acide fluorhydrique.

Altérations. La staurotide subit souvent des altérations analogues à celles de l'andalousite; elle se transforme en produits micacés. Tous les gisements français en présentent des exemples. Généralement la modification est périphérique, elle se propage suivant les cassures et les clivages; le mica forme des agrégats de lames minces, qui ne sont souvent perceptibles qu'au microscope.

Dans les roches micacées d'Itsatsou (Basses-Pyrénées), j'ai observé une transformation de staurotide en lames de mica atteignant 1 mm. Dans le schiste noir, on voit des moules micacés dont le centre est quelquefois encore occupé par un fragment corrodé de staurotide quand la transformation est incomplète (fig. 2); ce mica possède des axes assez écartés.

Fig. 2.
Pseudomorphose de staurotide en mica blanc dans schiste à tourmaline. Itsatsou.

Diagnostic. Les formes et les macles de la staurotide sont caractéristiques. Dans les schistes noduleux, quand les formes sont empâtées, on a parfois de la peine à la distinguer, au premier abord, de l'andalousite; il suffit de briser un nodule pour reconnaître la staurotide à sa couleur brun-rouge foncé et à l'éclat un peu résineux de sa cassure.

En lames minces dans les roches, le polychroïsme énergique dans les teintes jaune d'or avec maximum suivant l'allongement des cristaux (traces de n_g), joint à l'extinction longitudinale et à la faible biréfringence, ne permet de confondre la staurotide avec aucun autre minéral; les macles et les formes sont également très caractéristiques. Les figures 8, 10 et 11 représentent des sections orientées.

La forte densité de la staurotide la fait tomber dans toutes les liqueurs denses utilisées pour la séparation mécanique des minéraux; sa résistance à l'action de l'acide fluorhydrique est précieuse pour son extraction des roches qui la contiennent.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La staurotide se rencontre dans les micaschistes et les schistes micacés, généralement précambriens. Les schistes qui la renferment étant habituellement percés par des filons de granulite, et souvent intercalés avec des bancs feldspathisés par ces roches, on peut, au moins dans un grand nombre de cas, considérer la staurotide comme un minéral formé sous l'action de la granulite.

Les minéraux qui accompagnent d'ordinaire la staurotide sont : l'*andalousite*, le *grenat*, le *disthène*.

Les schistes à andalousite, staurotide et grenat de quelques gisements sont certainement paléozoïques. Quelques-uns de ceux du Finistère sont évidemment siluriens; leur métamorphisme est dû, selon toute vraisemblance, à l'action du granite.

C'est peut-être à l'action du granite qu'il y a lieu également d'attribuer le développement de la staurotide dans quelques schistes micacés (*schistes maclifères*) des Pyrénées, que je n'ai pas moi-même observés en place et qui diffèrent par quelques caractères, surtout macroscopiques, des schistes précambriens modifiés par les filons de quartz à andalousite de la même région.

Bretagne. — Les cristaux de staurotide de Bretagne sont connus depuis longtemps et les anciens auteurs français les ont soigneusement étudiés. On peut citer notamment un petit livre fort rare du président de Robien : « *Nouvelles idées sur la formation des Fossiles* (p. 109), suivi d'une « *Dissertation sur la formation des trois différentes espèces de Pierres figurées qui se trouvent dans la Bretagne* ». Paris, 1751. Les

trois minéraux étudiés dans cette dissertation sont des cristaux cubiques de *pyrite*, l'*andalousite* (*chiastolite*) des Salles de Rohan et la *staurotide*. L'auteur donne des figures assez démonstratives et émet des idées curieuses sur la nature et l'origine de ces minéraux. Il les considère tous (p. 14) comme des « pirytes pierreuses, dont les parties sulfureuses, salines, vitriolées et métalliques se sont évaporées, dissoutes, et ont été entraînées par les lotions continuelles des eaux tant que pluyes que des rosées, etc., et n'ont laissé que la partie pierreuse talqueuse, micassée dont elles sont encore revêtues aujourd'hui. »

Quant au mode de formation des macles, voici comment l'explique l'auteur : « ces pierres, ou cristaux terreux, ou pierres cristallisées par des sels analogues à leurs figures, dans un grand liquide, étant mols et susceptibles de réunion par l'évaporation de l'humide, se sont précipités et déposés confusément les uns sur les autres, s'y sont incorporés, et ceux qui sont tombés sur d'autres, transversalement, se sont confondus au centre et ont formé par le dessèchement ces trois croix pierreuses qui font la matière de notre observation; lorsqu'elles se sont précipitées de travers, elles se sont unies également par le point où elles se sont touchées et ont formé des sautoirs ou croix de Saint-André, plus ou moins régulièrement, et c'est cette confusion et le hazard de leurs rencontres qui ont causé toutes les variétés. »

Romé de l'Isle fit de la staurotide sa première variété de *schorl cruciforme* (ou *pierre de croix*), la deuxième variété étant la *macle basaltique* (*chiastolite*). Ce fut Delamétherie (*Sciagraphie*, Paris, 1792, I, 168) qui proposa pour ce minéral le nom de *staurotide* adopté depuis.

Les gisements cités par ces auteurs sont ceux du Finistère et du Morbihan.

Côtes-du-Nord. Beau gisement dans les micaschistes du Légué, près Saint-Brieuc et des falaises qui se trouvent plus à l'est. Les micaschistes y alternent avec des schistes amphiboliques. Cette même bande de micaschistes à staurotide peut être suivie dans les falaises à l'ouest de la baie, près Plouha.

Les cristaux ont la même forme que ceux du Morbihan, décrits plus loin.

M. Barrois m'a signalé le même minéral dans une bande de schistes précambriens granulitisés du sud de Lannion (de Ploubezre à Ploumilliau ; à Quinquis).

Finistère et Morbihan. La staurotide se trouve abondamment répan-

duc en beaux cristaux dans de nombreux gisements du Finistère et du Morbihan. Elle s'y rencontre au milieu de micaschistes et de schistes micacés précambriens métamorphisés par la granulite qui y forme de nombreux massifs, parfois de grande importance. M. Barrois les a indiqués sur les feuilles de Chateaulin, de Pontivy et de Vannes de la *Carte géologique détaillée de la France*. Je dois à son obligeance des détails complémentaires. Les cristaux que j'ai eus entre les mains m'ont été donnés par lui et par M. de Limur.

Au Conquet (Finistère), on trouve une bande de micaschistes renfermant des staurotides de petite taille (atteignant rarement un centimètre), accompagnées d'énormes grenats. On peut la suivre sur plusieurs kilomètres à l'est du Conquet.

Une large bande de schistes micacés à staurotide (précambrien granulitisé) traverse la feuille de Chateaulin de l'est à l'ouest, de Plogonnec (Finistère), à Guiscriff, dans le Morbihan. Les plus beaux gisements se trouvent à Coray, à Scaër (Menez ru) et dans le petit village de Coadrix, situé à égale distance des deux autres localités (Finistère). C'est de ces gisements que proviennent tous les cristaux étiquetés dans les collections « environs de Quimper ». On trouve assez souvent Coadrix orthographié Coadris, Coadri, Quadris, Quadry, Quadrille.

Les schistes de cette région sont riches en biotite et en quartz; ils renferment parfois du graphite, du disthène, de la tourmaline, et comme éléments microscopiques du zircon et du rutile. Ils sont fréquemment ondulés, et suivant une ancienne observation de Durocher, on voit souvent le schiste très plissé autour des cristaux de staurotide.

Une seconde bande des mêmes schistes s'observe plus au sud, au nord de Rosporden ; elle renferme aussi des staurotides, mais en moins grande abondance. On les retrouve, avec andalousite, à Plouay (Morbihan).

Plus à l'est et au sud-ouest de Pontivy, dans la vallée du Blavet, les micaschistes granulitisés des environs de Saint-Nicolas et de Locmaria sont riches en staurotide et en grenat; mais c'est au sud-est que se développe entre Baud et Locminé une large bande des mêmes micaschistes, renfermant de nombreux gisements de superbes cristaux qui, avec ceux des environs de Coray, etc., ont rendu célèbres les staurotides bretonnes. Les plus importants d'entre eux se trouvent dans la vallée de l'Evel au sud de Guénin, dans le ravin de Kérival, à la Haie-Haute en Baud (appelée aussi le Hayo), à Talhouet en Baud (à 1 kil. N.

de la route de Baud à Locminé), puis, plus à l'est, il y a lieu de signaler Moustoir-Ac, Keroman en Plumelin (avec disthène), Pluherlin.

Les formes des cristaux provenant de ces divers gisements ne varient guère avec chacun d'eux; quelques-uns des plus gros cristaux que je connaisse proviennent de la Haie-Haute en Baud. M. de Limur en possède un ayant 7 cm 5 de plus grande dimension sur 4 cm 5 de large; il pèse 168 gr.; un autre cristal maclé pèse 214 gr. Les gisements de Coray, Scaër et Coadrix ont produit aussi d'énormes cristaux (prismes *p m* de 10cm de longueur).

Les formes les plus habituelles sont *p* (001), *m* (110), fig. 3, souvent accompagnées de a^1 (101) et de g^1 (010), fig. 4.

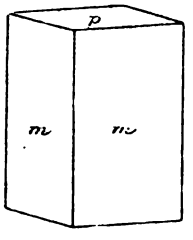


Fig. 3.

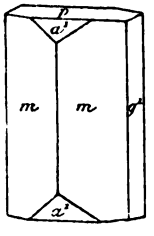


Fig. 4.

Les cristaux maclés sont relativement rares sur le terrain, et si on les rencontre si abondants dans les collections, c'est à cause du soin que prennent les gens du pays à les recueillir pour les vendre aux voyageurs sous le nom de *croisette*.

Il existe de grandes variations dans les dimensions des individus constituant ces macles; tantôt les deux cristaux composants ont la même grandeur, et les branches de la croix formée sont libres, fig. 5 et 6, tantôt l'un des deux individus est beaucoup plus gros que l'autre et englobe complètement ce dernier. On observe ce fait surtout dans les macles rectangulaires (fig. 7). Les faces basiques des gros cristaux sont souvent creuses. Ils ont aussi toutes leurs faces rugueuses. On s'explique aisément la cause de ce fait en examinant au microscope une lame mince taillée dans un de ces cristaux. On voit alors que la staurotide n'en forme en quelque sorte que la trame, englobant un nombre considérable de grains de quartz (fig. 8). Quant au mica, il

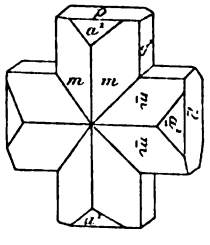


Fig. 5.
Macle suivant $e^{2/3}$ (032).

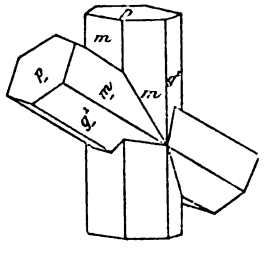


Fig. 6.
Macle suivant (232)

Fig. 7.
Macle suivant $e^{2/3}$ (032)

est postérieur; il est venu s'appliquer si intimement contre la staurotide, qu'il est parfois difficile de dégager celle-ci d'une façon convenable.

M. de Limur a signalé (*B. S. M.*, XI 61, 1888) des cristaux de Moustoir-Ac, formés de trois zones concentriques; l'une extérieure est fibrolamellaire, l'autre centrale présente la cassure vitreuse avec l'éclat résineux habituel au minéral, tandis que la partie moyenne est très terne et finement grenue.

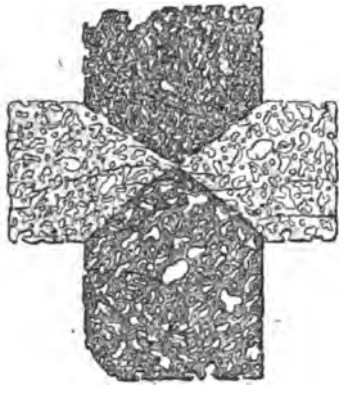


Fig. 8.
Coupe mince d'une macle de staurotide faite parallèlement à h^1 (100) et montrant les inclusions de quartz.

Je dois à l'obligeance de M. Barrois des fragments d'énormes cristaux brun rouge de staurotide de Coadrix : ils ont les faces lisses et brillantes; ils sont pauvres en inclusions quartzeuses et peuvent rivaliser de beauté avec les cristaux du St-Gothard. Ils présentent un clivage g^1 (010) très net. Ils me sont parvenus à la fin de l'impression de cette feuille, c'est pourquoi je ne puis en donner une analyse.

Enfin, il existe dans le Finistère un gisement de staurotide tout à fait spécial, signalé par M. de Limur (*op. cit.* 52) au village de Mur en Plouigneau, et aux Forges-Neuves, près Morlaix. Les cristaux se trouvent dans un schiste noir argilomicacé, ondulé, d'âge probablement silurien, d'après M. Barrois. Les échantillons que j'ai étudiés m'ont été remis par M. Munier Chalmas qui les a recueillis à Forges-Neuves. Ces cristaux généralement plus allongés suivant l'axe vertical que ceux des autres gisements bretons ne dépassent pas 8^{mm}. Ils présentent les formes habituelles m (110), g^1 (010), p (001) et a^1 (101); a^1 est très développé et souvent p manque.

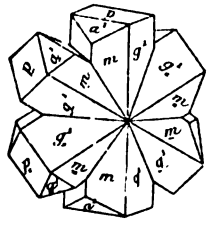


Fig. 9.
Macle suivant (232) de trois individus.

Les macles sont extrêmement fréquentes, je n'ai pas observé les macles à angle droit; les macles à 60° sont souvent constituées par trois individus (fig. 9), elles sont très analogues à celles de Fannin County (Georgia), qui ont été décrites par M. E. Dana.

Contrairement à ce qui se passe pour les staurotides des mica-

schistes bretons, les cristaux de ce gisement ne renferment que rarement des inclusions de quartz, mais ils contiennent une grande quantité d'inclusions charbonneuses. Elles sont souvent alignées sur le prolongement des traînées micacées et charbonneuses du schiste ambiant. Leur distribution dans les cristaux est fort variable. Elles sont parfois disposées en zones concentriques ; le cristal est alors formé d'enveloppes successives, riches en pigment noir et d'autres dépourvues d'inclusions. Le centre du cristal est généralement limpide. C'est sans doute une disposition analogue qu'a décrite M. de Limur à Moustoir-Ac dans des cristaux que je n'ai pu observer moi-même. La figure 10 représente une section basique d'un cristal offrant ce genre d'inclusions.

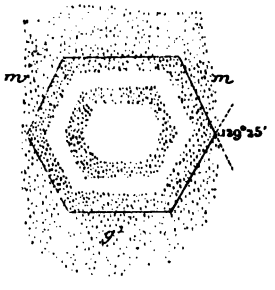


Fig. 10.
Coupe mince de staurotide de Forges-Neuves. Section suivant p faisant voir la distribution zonaire des inclusions.

Dans d'autres cas, le pigment noir forme au centre du cristal un petit dessin relié aux bandes d'inclusions de même nature, parallèles aux faces du cristal (fig. 11, section suivant g^1).

Le schiste contenant ces staurotides est riche en paillettes de séricite et de biotite ; il renferme une petite quantité de quartz et beaucoup de matière charbonneuse. On y observe de longs cristaux d'andalousite (type Sainte-Brigitte), ayant environ 2^{mm} de section transversale, et de petits grains de grenat rose. La staurotide est postérieure au grenat; elle est moulée par l'andalousite.

M. Munier-Chalmas attribue le métamorphisme de ces schistes à des filons de quartz. N'ayant pas visité moi-même ce gisement, je me contenterai de faire remarquer l'analogie que présente l'andalousite de ces schistes avec celle du type Sainte-Brigitte, décrite plus loin, et qui a été formée sous l'influence des granites. M. Barrois les considère, du reste, comme identiques au point de vue de l'origine.

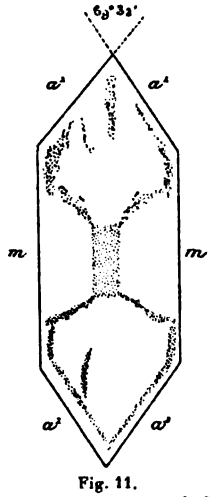


Fig. 11.
Coupe mince de staurotide d'Forges-Neuves. Section g^1 montrant la disposition des inclusions charbonneuses.

Pyrénées. — La staurotide est peu abondante dans cette région. Elle s'y présente très rarement en cristaux nets. Dans la plupart de ses

gisements, elle se rencontre associée à l'andalousite et au grenat, dans les schistes micacés précambriens, modifiés par la granulite.

Cependant, dans le massif du pic du Midi, elle se trouve dans des schistes micacés qui ont été probablement modifiés par le granite.

Basses-Pyrénées. Les schistes cristallins granulitisés du massif du Labourd sont recouverts au sud par des schistes précambriens qui peuvent s'observer notamment d'Itsatsou à Hélette; près du mont Baygoura, j'ai trouvé parmi eux des schistes noduleux, riches en cristaux de staurotide, de grenat, et plus rarement d'andalousite.

Les cristaux de staurotide, toujours empâtés de séricite, présentent dans les coupes minces les faces p (001), m (110), g^1 (010), a^1 (101); cette dernière forme est très développée, les macles sont fréquentes; ces cristaux sont salis par de nombreuses inclusions noires. Ils rappellent, par leurs formes vues au microscope, les cristaux de Plouigneau.

Au dessus d'Itsatsou, les mêmes schistes sont presque entièrement formés par de petites tourmalines; la staurotide, peu polychroïque, est transformée en grandes lames de mica blanc; ces pseudomorphoses ont été décrites plus haut (fig. 2).

Hautes-Pyrénées. M. Frossard m'a remis des échantillons d'un schiste micacé noduleux presque entièrement composé par de la staurotide et de l'andalousite cimentées par un mélange de quartz grenu et de biotite. Les cristaux de staurotide et d'andalousite sont criblés de cavités; ce sont de véritables écumoirs; les inclusions noires qu'ils renferment se trouvent sur le prolongement de celles du schiste. Elles montrent par leur contournement que les roches qui les contiennent ont été soumises à des phénomènes de torsion énergiques.

Ces cristaux se rapportent au même type que ceux de Plouigneau; ils en diffèrent surtout par les déformations mécaniques qu'ils ont subies. Ils sont, d'autre part, plus quartzeux et plus micacés.

Haute-Garonne. La staurotide est abondante au lac d'Espingo, ainsi que dans les schistes à séricite du lac Seculéjo (ou lac d'Oo), qui sont très analogues à ceux de Baygoura.

M. Gourdon m'a communiqué un échantillon de schiste micacé de la montagne de Montauban, près Luchon, renfermant exceptionnellement un cristal net p (001), m (110) de staurotide brun-rouge foncé, associée à de l'andalousite rose également bien cristallisée, à de la tourmaline et à du grenat.

MM. Caralp et Gourdon m'ont signalé la staurotide dans les mêmes conditions dans le vallon de Burbe, sur le chemin du Portillon, reliant Bagnères-de-Luchon à Bossost; dans le massif de Superbagnères; dans la rue d'Enfer, entre la vallée du Lys et le pic de Crabioulès; au cirque de la Glère; au pic Sacroux, et enfin dans le massif de Couradille (tous ces gisements se trouvent dans le voisinage de Bagnères-de-Luchon, ils ne fournissent pas de bons cristaux); au confluent du Rioumajou et du torrent de Lustone (vallée d'Aure). Dans ce dernier gisement, M. Caralp a trouvé des cristaux présentant les macles à angle droit; les schistes à staurotide de cette région sont généralement plus anciens que ceux qui renferment l'andalousite seule.

Ariège. Dans l'Ariège, je n'ai trouvé la staurotide qu'à l'état microscopique dans les schistes micacés précambriens des environs d'Ax, et particulièrement à Savignac. On y observe des nodules atteignant la grosseur d'un œuf. Ils sont constitués par de l'andalousite, de la staurotide et de la cordiérite, formant de grandes plages dentelliformes qui moulent les grains de quartz ancien. La staurotide est le premier minéral formé. On y trouve, en outre de la tourmaline, de la biotite, etc.

Les schistes micacés qui les renferment sont riches en filons de quartz à andalousite.

Montagne Noire. — M. Bergeron a signalé (*Ann. Sc. géol.*, XXII, 53, 1889) la staurotide en petits cristaux, présentant parfois les macles à 60°, dans des schistes micacés de la Montagne Noire, appartenant à la partie supérieure des micaschistes ou au précambrien. Ils semblent très analogues à ceux que je viens de signaler dans les Pyrénées. La staurotide y est également accompagnée d'andalousite.

Dans un grand nombre de points, ces minéraux sont, selon toute vraisemblance, en relation avec des filons de granulite.

Les principaux gisements à signaler se trouvent entre Lacabarède et Labastide, à la Vernière sur la rive gauche de l'Orb et surtout en Cance, près Fonbruno, au nord de Laprade.

Plateau Central. — *Haute-Loire.* La staurotide n'a jamais été signalée dans aucun gisement de la Haute-Loire. Je l'ai rencontrée dans une enclave du basalte constituant les Orgues d'Espaly. La roche englobée, presque entièrement fondue, doit être un schiste cristallin, riche en quartz (micaschiste?); on n'y observe plus qu'un peu de sillimanite et de staurotide intactes et une petite quantité de quartz en voie de fusion L'enclave est riche en cordiérite et spinelle récents.

Puy-de-Dôme. Mossier père a signalé la staurotide dans la partie non volcanique du puy de Chanat. Cette observation n'a jamais été confirmée. Cette localité est constituée par du granite percé par un dyke de basalte; la staurotide, si elle y a été réellement trouvée, pourrait avoir une origine analogue à celle d'Espaly.

Loire. M. Termier a signalé (*B. S. M.*, XII, 393, 1889) l'existence de la staurotide dans les micaschistes au nord de Saint-Étienne. Le gisement se trouve dans un petit bois de pins qui sépare le sommet 692 (carte d'État-major) du col du Sauzet, où passe la route de Saint-Étienne à Saint-Héand, ainsi qu'aux environs de ce point; on trouve aussi la staurotide dans les micaschistes chloriteux, en face du hameau de Mollard (sur la route de Rive-de-Gier), au réservoir de Couzon; enfin dans les galets de micaschiste de la brèche houillère entre Saint-Priest et la Fouillouse.

Les cristaux atteignent 1 cent.; ils présentent les formes de ceux de Bretagne. Les macles à 90° sont rares; les macles à 60° de deux individus inégaux sont plus abondantes. Les échantillons que j'ai pu examiner, grâce à l'obligeance de M. Termier, sont très analogues à ceux des micaschistes des Maures que nous allons étudier plus loin.

La staurotide est souvent épigénisée à sa périphérie en chlorite et damourite; elle est accompagnée de tourmaline.

Le même minéral existe dans le massif du Pilat, au milieu de chloritoschistes grenatifères à Jarnay, (rive droite du Dorlay), et à Bayotte, près Grand-Croix. On la trouve aussi au milieu de ceux de la Seterie, au nord de la Tour-en-Jarrest, avec grenat et tourmaline (M. Termier).

Maures. — *Var.* Les Maures présentent un large développement de micaschistes, dans lesquels la staurotide est associée à l'andalousite, au disthène, au grenat, à la tourmaline; ces micaschistes à minéraux sont intercalés en bancs dans des micaschistes à muscovite qui, d'après M. M. Bertrand (*feuille de Toulon de la carte géologique détaillée*), atteignent 2.000^{m} de puissance. Ces micaschistes sont métamorphisés par la granulite; ils renferment localement des bancs de gneiss granulitiques. L'un d'eux, épais d'environ 500^{m}, sépare les micaschistes inférieurs des micaschistes supérieurs, par places riches aussi en grenat et en staurotide (Bormes), et passant insensiblement aux schistes à séricite précambriens qui les recouvrent. A la partie supérieure de ces micaschistes, on observe aux environs de Collo-

brières un lit interrompu de magnétite avec épontes de *grenat* et de *grünérite*.

Les points les plus riches en staurotide sont : les éminences entre Collobrières et l'ancienne abbaye de la Verne, le passage entre la Verne et les Campeaux, les bords de la route d'Hyères à Saint-Tropez près de Campeaux, Le Fenouillet, Bormes, les environs de la Molle, l'île du Levant, etc.

Les cristaux ont en moyenne un centimètre, mais peuvent atteindre exceptionnellement de plus grandes dimensions. On y observe les mêmes formes et mêmes combinaisons de formes que dans les cristaux bretons ; les macles y sont beaucoup plus rares.

Les micaschistes qui les renferment sont très micacés (biotite et muscovite). L'examen microscopique fait voir que la staurotide en cristaux creusés de cavités, remplies par du quartz, renferme des inclusions noires ferrugineuses ou charbonneuses, ainsi que des inclusions de rutile, d'ilménite, de grenat et de tourmaline ; le mica dont l'orientation détermine la schistosité de la roche est entouré par le quartz. Quand il existe du feldspath, il est le dernier élément consolidé de la roche.

Algérie. — La staurotide existerait aux environs de Bône en petits cristaux plus ou moins écrasés dans un schiste micacé (*Groth : Miner. Samml., Strasburg*, 1878, 182.)

Guyane. — L'exposition permanente des colonies renferme des échantillons de micaschistes à staurotide, provenant de la Guyane, sans indication plus précise.

DUMORTIÉRITE

$Al^8\ Si^3\ O^{18}$ (Damour)

Orthorhombique : $mm = 124°$ environ

Formes observées. La dumortiérite des gisements français ne se présente pas en cristaux distincts. M. E. Bertrand a montré que les faces du prisme étaient voisines de 120°. La mesure des angles plans des clivages prismatiques me fait adopter l'angle de 124° observé par M. Diller sur la dumortiérite américaine.

Macles. Des macles analogues à celles de l'aragonite, dans lesquelles les plans des axes optiques de deux plages consécutives font des angles voisins de 60°, sont fréquentes. Il y a souvent interpénétration des sections les unes dans les autres.

Faciès. La dumortiérite ne se présente pas en cristaux nets, mais en fibres très allongées, souvent disposées en grand nombre parallèlement les unes aux autres à la façon de la sillimanite.

Clivages. Clivages généralement difficiles suivant m (110) et h^1 (100). Dans quelques échantillons, le clivage h^1 (100) est facile et il existe des plans de séparation suivant p (001).

Dureté. 7.

Densité. 3.36 (Damour).

Coloration. Bleu cobalt, bleu presque noir. M. Damour a fait remarquer que le minéral finement pulvérisé est blanc, légèrement teinté de bleu ; il redevient bleu quand il est humecté d'eau.

Inclusions. La dumortiérite ne présente pas d'inclusions caractéristiques. Dans celle de Beaunan, j'ai observé des inclusions à bulle mobile et du rutile.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë négative, perpendiculaire à p (001). Dans les macles, les plans des axes optiques de deux plages contigues font entre eux des angles voisins de 60°. Les indices n'ont pu être mesurés à cause de la petitesse des cristaux. L'indice médian calculé d'après la loi de Gladstone est d'environ 1.65.

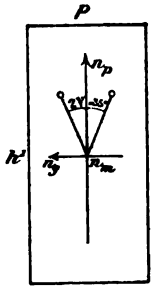


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

$$n_g - n_p = 0.010 \text{ environ.}$$

Les enchevêtrements des plages maclées et le peu de transparence du minéral rendent impossible la mesure exacte de l'écartement des axes optiques. Il est d'environ 35° à 40° (2 V) pour la lumière du sodium.

La dispersion est énergique avec $\rho < v$.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est extrêmement énergique dans les teintes suivantes :

n_g et n_m = incolore ou bleuâtre très pâle.
n_p = bleu cobalt ou violet.

Les teintes de polychroïsme suivant n_p sont très variables dans un même échantillon. A Brignais, quelques aiguilles présentent dans la direction de cet axe une couleur rose saumon, à peine plus rougeâtre que celle de l'andalousite.

L'axe n_p étant parallèle à l'axe vertical des aiguilles, l'absorption maximum a lieu dans la direction longitudinale, contrairement à ce qui arrive pour la tourmaline. Le fait est mis en évidence, lorsque les deux minéraux sont associés à axes parallèles (Brignais).

La dumortiérite est un des plus beaux exemples que l'on puisse citer des découvertes faites en minéralogie, grâce aux propriétés optiques. M. E. Bertrand a, en effet, signalé cette substance comme constituant une espèce nouvelle, avant que l'on ait pu en recueillir une quantité suffisante pour une analyse chimique.

Le même observateur a signalé l'existence du phénomène des houppes à travers les plaques perpendiculaires à un axe optique.

Nous avons trouvé, M. Michel Lévy et moi, des auréoles polychroïques jaunes, extrêmement intenses, développées dans la cordiérite de Tvedestrand (Norwège), autour d'inclusions de dumortiérite (*C. R.* CVI. 1546).

Composition chimique. La formule donnée plus haut est celle à laquelle conduit l'analyse suivante de la dumortiérite de Beaunan, due à M. Damour (*B. S. M.* IV. 6. 1881).

SiO^2	29.85
Al^2O^3.....	66.02
Fe^2O^3.....	1.01
MgO.....	0.45
Perte par calcination..	2.25
	99.58

Le minéral essayé n'a pas présenté la petite quantité d'acide borique signalée récemment dans la dumortiérite des gisements américains.

D'après M. Damour, la couleur bleue du minéral serait peut-être due à des traces de Ti^2O^3 dont la présence n'a pu être démontrée avec certitude.

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau. Dans le matras, la dumortiérite ne dégage pas d'eau et reste bleue. Au rouge blanc, elle se décolore. Réduite alors en poudre fine, puis humectée de nitrate de

cobalt et chauffée à haute température, elle donne la couleur bleue caractéristique de l'alumine.

Fondue avec le sel de phosphore, elle se dissout lentement, en donnant à la perle une teinte opaline bleuâtre (Ti^2O^3? Damour).

Altérations. Quand on examine des lames minces taillées dans des aiguilles de dumortiérite, on remarque qu'elles sont souvent entourées d'une gaîne de mica blanc qui les épigénise peu à peu. La marche de cette transformation est la même que celle que nous avons constatée pour la staurotide, et qui est très fréquente dans l'andalousite.

Diagnostic. La couleur bleue de la dumortiérite pourrait la faire confondre avec le disthène ou avec les amphiboles bleues (glaucophane ou crocidolite), mais ses propriétés optiques et particulièrement son polychroïsme intense sont suffisants pour rendre son diagnostic très facile.

Sa résistance à l'action de l'acide fluorhydrique permet aisément de séparer ce minéral des roches qui le renferment.

Gisements et associations. La dumortiérite ne se trouve en France que dans les environs de Lyon (Rhône). Elle y forme de petites fibres bleues au milieu des filonnets et des glandules de granulite ou de pegmatite des gneiss.

M. Gonnard l'a rencontrée pour la première fois sur un tas de pierres, à Chaponost. L'échantillon fut étudié par M. E. Bertrand, qui le signala comme minéral nouveau (*B. S. M.* III. 171. 1880). M. Gonnard le trouva en place l'année suivante, près des aqueducs de Beaunan, dans une petite carrière de gneiss, située au premier coude de la route d'Oullins à Chaponost (non loin de la fabrique Ducarre). Il proposa pour la nouvelle substance le nom de dumortiérite, en l'honneur du paléontologiste lyonnais, E. Dumortier (*B. S. M.* IV. 2. 1881). M. Damour en fixa la composition (*Id.* 6).

La dumortiérite est accompagnée de tourmaline bacillaire et d'apatite dans le gisement de Beaunan. [Ce nom est quelquefois orthographié Beaunant, Bonnand (Carte d'État-major)].

Plus récemment, M. Gonnard a signalé (*B. S. M.* XI. X. 64. 1888) le même minéral dans une pegmatite de Brignais (au milieu d'une carrière ouverte dans la propriété de la colonie pénitentiaire). Il s'y trouve avec des pseudomorphoses micacées de cordiérite. Cette asso-

ciation est donc analogue à celle que nous avons signalée, M. Michel Lévy et moi, à Tvedestrand (Norwège).

Dans les échantillons de Brignais que j'ai eus entre les mains, grâce à l'obligeance du frère Euthyme, les fibres de dumortiérite sont extrêmement petites et disséminées dans une pegmatite blanche. Elles sont moulées par de la tourmaline bleuâtre. L'axe vertical des deux minéraux coïncide. La dumortiérite de ce gisement présente en lames minces les variations de couleur signalées plus haut. Les pseudomorphoses micacées sont fréquentes.

CALAMINE

$Zn^4 H^2 Si O^5$

Orthorhombique (hémimorphe) : $mm = 104° 13'$ (Dx.)

$b : h = 1000 : 376,127.$ $D = 789,158.$ $d = 614,190$

$[a : b : c = 0,77828 : 1 : 0,47636]$

Formes observées. m (110), g^1 (010), p (001), a^1(101), $a^{1/2}$ (201). Les cristaux que j'ai eus entre les mains sont toujours très petits et ne peuvent être mesurés exactement. J'ai dû me contenter de mesurer les angles plans de la face g^1 (010), suivant laquelle les cristaux sont toujours très aplatis, et ceux de la face p (001) obtenue artificiellement.

angles calculés		angles calculés		angles calculés	
mm	104° 13′	$p\ a^1$	148° 31′	$p\ a^{1/2}$	129° 14′
mg^1	127° 53′ 30″	$a^1 a^1$	117° 12′	$a^{1/2}\ a^{1/2}$	78° 28′

Faciès. Les cristaux de calamine de nos gisements sont toujours allongés suivant l'axe vertical, et très aplatis suivant g^1 (010) ; cette face est, en outre, très fréquemment striée parallèlement à l'axe vertical ; les faces m (110) existent toujours.

L'hémimorphisme propre à cette substance est difficile à constater, les petites aiguilles étant groupées en faisceaux et rarement pourvues de leurs deux extrémités. Dans un des gisements pyrénéens, j'ai pu observer un cristal terminé à l'une des extrémités par une large face

p (001), avec $a^{1/2}$ (201), tandis que l'autre extrémité présentait seulement les faces a^1. Je n'ai jamais trouvé la forme e_3 (121) si fréquente dans les cristaux de la Vieille-Montagne.

La calamine forme souvent des masses concrétionnées fibreuses, stalactiformes ou même massives et granulaires.

Clivages. Clivage parfait suivant m (110), facile suivant a^1 (101), difficile suivant p (001).

Dureté. 5. Fragile.

Densité. 3. 35 à 3. 5. — 3, 42, les Argentières.

Coloration. Incolore, blanche, grise, jaune, jaune d'or (voir inclusions), brune, verte. Éclat vitreux, légèrement adamantin suivant g^1 (010). Poussière blanche.

Inclusions. Dans une calamine de Pierrefitte, j'ai trouvé des inclusions de sulfure de cadmium pulvérulent colorant le minéral en jaune bouton d'or. Elles sont distribuées à la surface des croûtes cristallines de calamine qui sont incolores intérieurement.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques, parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë *positive* normale à p (001). M. des Cloizeaux a mesuré les indices de réfraction suivants sur les cristaux d'Altenberg (jaune) :

$$\mathbf{n}_g = 1.635$$
$$\mathbf{n}_m = 1.618$$
$$\mathbf{n}_p = 1.615$$

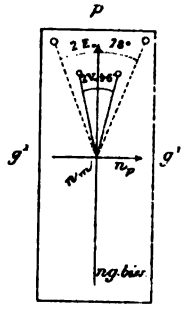


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100).

J'ai mesuré les écartements d'axes suivants sur des cristaux extrêmement petits (lumière du sodium) :

	Les Argentières	Katzenthal.
$2\,\mathbf{E} =$	78°	80°
d'où		
$2\,\mathbf{V} =$	45° 47′	47° 20′

La dispersion est très forte avec $\rho > v$.

Propriétés électriques. Pyroélectrique; le pôle *analogue* se trouve à l'extrémité terminée par p (001), a^1(101) et le pôle *antilogue* à l'extrémité où domine e_3 (121). (Cristaux de la Vieille-Montagne.)

Phosphorescence. La calamine est phosphorescente par le frottement.

Composition chimique. Les seuls cristaux que j'ai pu analyser sont ceux des Argentières.

SiO^2.....	24.95
ZnO^2.....	67.25
H^2O.....	7.83
	100.03

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, la calamine se gonfle, jette un éclat très vif avec lueur verdâtre et fond très difficilement sur les bords. Chauffée avec le nitrate de cobalt au feu d'oxydation, elle devient verte. Dans le tube fermé, elle blanchit et dégage de l'eau. Elle est soluble dans les acides en faisant gelée.

Diagnostic. L'hémimorphisme des cristaux lorsqu'ils sont complets, l'éclat nacré suivant g^1, les propriétés optiques (notamment la forte dispersion) et les caractères chimiques permettent aisément de distinguer la calamine.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La calamine accompagne la blende dans un grand nombre de gisements, soit quand elle est filonnienne, soit quand elle forme des amas dans les terrains stratifiés et particulièrement dans les calcaires.

On sait que les mineurs désignent généralement sous le nom de *calamine*, non pas seulement le silicate de zinc que nous étudions ici, mais encore le mélange de carbonate, hydrocarbonate, silicate et hydrosilicate de zinc.

Pyrénées. — La calamine n'est pas rare dans les gisements de blende des Pyrénées. Ces derniers sont constitués par des filons dans les schistes et calcaires paléozoïques. Elle se présente rarement en cristaux distincts.

Basses-Pyrénées. On la rencontre au dessus des Eaux-Bonnes, aux mines d'Anglas et d'Ar.

Hautes-Pyrénées. J'ai trouvé, il y a plusieurs années (*B. S. M.* VII. 463. 1884), dans les mines de Pierrefitte, des croûtes cristallines de calamine, ayant environ 1 mm d'épaisseur, dont la partie superficielle est colorée en jaune citron par du sulfure de cadmium

pulvérulent (*greenockite*). Cette calamine constitue de superbes échantillons sur lesquels on voit de très petites facettes p (001) et a^n (h 0 l) souvent courbes sur lesquelles il est impossible de faire des mesures même approximatives.

M. Frossard a trouvé le même minéral à Bourg-Bigorre, près Bagnères.

Haute-Garonne. M. Gourdon m'a signalé la calamine dans un petit filon de galène, trouvé autrefois dans les schistes paléozoïques de Moustajou.

Ariège. Picot de Lapeyrouse a décrit de jolis cristaux de calamine bleus, blancs ou jaunes, provenant du filon de Laquorre, au dessus d'Aulus; ils ont été trouvés en 1782 avec blende, quartz et fluorine bleue, etc. J'ai retrouvé ce minéral sur les haldes de cette mine, abandonnée aujourd'hui, ainsi que sur celles des Argentières, à quelque distance de là, du côté du port de Saleix.

Les cristaux lamellaires suivant g^1 n'ont que 3 ou 4 ^{mm} de longueur. Ils sont blanc nacré et présentent des formes variées : p (001), m (110), g^1 (010) accompagnées souvent de $a^{1/2}$ (201) à leur extrémité libre. Je n'ai pu isoler que rarement des cristaux offrant leurs deux extrémités. On peut alors constater très nettement l'hémimorphisme de la substance; la seconde extrémité est formée par les faces a^1 (101) très développées, avec parfois des traces de p (001). Assez souvent, un cristal primitivement terminé par p (001) seul, est surmonté d'une série de petites lamelles présentant les faces p (001) et $a^{1/2}$ (201); elles s'entrepénètrent pour compléter le cristal. La partie supérieure de la face g^1 (010) est fortement cannelée et irrégulière, alors que la partie inférieure est très unie (fig. 2.).

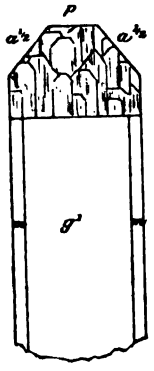


Fig. 2.

M. Caralp m'a indiqué la calamine concrétionnée avec galène et blende dans les mines de Sentien.

Gard et Hérault. — Dans cette région, il existe beaucoup de gisements calaminaires dont quelques-uns donnent lieu à de fructueuses exploitations. Il faut citer particulièrement ceux des environs de Ganges (Hérault) et du Vigan (Gard); ceux de Malines sont les plus riches.

A ma connaissance, on n'y a pas trouvé de cristaux de calamine; le

minerai exploité est surtout constitué par des carbonates anhydres ou hydratés (qui seront étudiés dans le 2e volume de cet ouvrage), accompagnés de galène et de blende. Ces gîtes constituent des amas dans les calcaires dolomitiques jurassiques, d'après les renseignements qu'a bien voulu me fournir M. Garreau.

Lot. — M. des Cloizeaux a signalé (*op. cit.*, 538) l'existence de calamine amorphe aux environs de Figeac.

[**Alsace**]. — M. Daubrée a indiqué (*Descrip. géol. minér. du Bas-Rhin*, 1852, 425) l'existence de la calamine dans les filons plombifères, perçant les grès vosgiens du Katzenthal, près Lembach; elle y est accompagnée de *smithsonite*, de *cérusite*, d'*anglésite*, de *pyromorphite*, etc.

La collection de l'*École des Mines* renferme un échantillon de calamine, provenant de ce gisement. Une géode est tapissée de petits cristaux blancs d'environ 5mm de plus grande dimension. Ils sont tabulaires suivant g^1 (010) et allongés suivant la zone verticale, dont les faces sont profondément cannelées; les faces m (110) sont très réduites.

Les faces du sommet ne sont pas brillantes et n'ont pu être mesurées autrement qu'au microscope. Les cristaux toujours implantés de la même façon, sur leur gangue, présentent à leur extrémité libre p (001), accompagné de a^1 (101) avec ou sans $a^{1/2}$; plus rarement, cette dernière face existe seule.

Le même minéral a été trouvé dans la mine de Fluss-Grub, à Ste-Marie-aux-Mines, en petites aiguilles dans limonite. (Delbos et Köchlin. *Descr. géol. et min. du Haut-Rhin.*)

[**Ardenne**]. — A l'extrémité de l'Ardenne belge et à la frontière allemande (aux environs d'Aix-la-Chapelle) se trouvent des gisements calaminaires célèbres, ceux de la Vieille-Montagne (Altenberg), à Moresnet. Bien que ces gisements soient en dehors des limites que je me suis assigné pour cet ouvrage, j'énumèrerai ici les principales formes de calamine que l'on y rencontre. Ces cristaux, en effet, sont classiques, ils se trouvent dans toutes les collections et permettent de se rendre compte des propriétés de cette espèce, mieux que les échantillons rares et pauvres en faces que l'on rencontre en France. Pour les valeurs des angles, je renvoie au Manuel de M. des Cloizeaux (I. 117). Je lui ai emprunté les figures 3, 6 et 7. Trois courtes notes plus récentes seront, en outre, consultées avec fruit (Seligmann *Z. K. I.* 342 (les figures 4 et 5 sont reproduites d'après cet auteur); Césaro (*B. S. M.* IX. 242. 1886). Schulze, *Mitth. d. Naturwiss. Ver. f. Neuvorpommern*, 1886).

Les faces observées sont les suivantes :

m (110), h^1 (100), g^1 (010), $g^{3/2}$ (150), $g^{11/7}$ (290), g^2 (130), g^3 (120);

p (001), a^6 (106), a^3 (103), $a^{5/2}$ (205), a^2 (102), a^1 (101), $a^{3/4}$ (403), $a^{1/2}$ (201), $a^{1/3}$ (301);

e^8 (018), e^2 (012), $e^{11/5}$ (0.5.11), e^1 (011), $e^{2/3}$ (032), $e^{3/5}$ (053), $e^{4/7}$ (074), $e^{1/2}$ (021), $e^{1/3}$ (031), $e^{1/5}$ (051), $e^{1/7}$ (071);

b^1 (112), $b^{1/2}$ (111), $b^{2/3}$ (334), $b^{1/3}$ (332);

a_3 (211), a_5 (321), a_7 (431);

$e_{5/3}(b^{1/3}b^{1/5}g^{1/3})$ (143), e_2 (132), e_3 (121), e_5 (231);

$\sigma = (b^{1/3}b^{1/4}g^1)$ (172), $x = (b^{1/3}\,b^{1/5}g^1)$ (143), $\tau = (b^{1/11}\,b^{1/3}g^1)$ (471); z $(b^{1/5}b^{1/7}g^{1/3})$ (163).

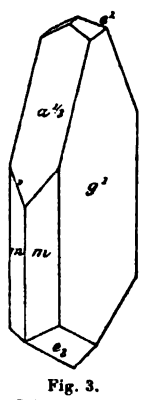


Fig. 3.
Calamine de la Vieille Montagne

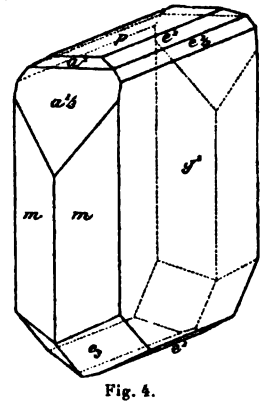


Fig. 4.
Calamine de la Vieille Montagne

La plupart de ces faces, sauf bien entendu celles de la zone verticale, sont fréquemment hémièdres.

Les cristaux sont en général aplatis suivant g^1 (010); cette face est striée parallèlement à l'axe vertical comme dans les cristaux des gisements étudiés plus haut, mais ils sont plus épais et souvent transparents et hyalins.

Les figures 3, 4 et 5 représentent le développement habituel des cristaux implantés sur leur gangue par l'extrémité terminé par e_3 (121); elles montrent, en outre, que le pôle analogue est le plus riche en faces.

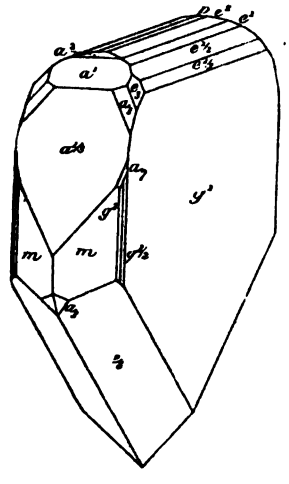


Fig. 5.
Calamine de la Vieille Montagne.

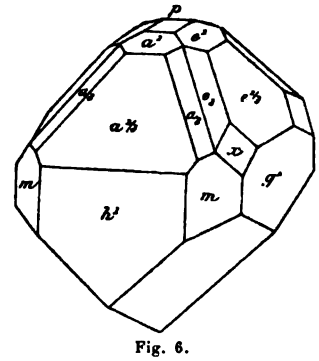


Fig. 6.
Calamine de la Vieille Montagne.

Plus rarement, les faces h^1 (100) et g^1 (010) sont également développées; les cristaux ne sont pas aplatis et présentent la forme représentée par la figure 6.

Enfin, il y a lieu de signaler les groupements suivant p (001) de deux cristaux, dans

lesquels les extrémités de même forme sont contiguës (fig. 7). La calamine de la Vieille-Montagne est accompagnée de *willémite*, *smithsonite*, etc.

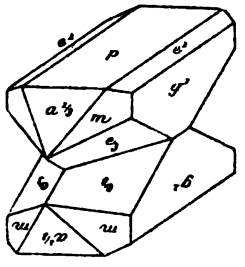


Fig. 7.
groupement suivant *p* (001)
(Vieille Montagne).

Algérie. — D'après les renseignements qu'a bien voulu me fournir M. Pouyanne, il existe d'assez nombreux gisements calaminaires dans les trois départements de l'Algérie ; ils semblent surtout constitués par des carbonates et des sulfures. Cependant M. Flamand m'a dit avoir recueilli des cristaux de calamine dans quelques-uns d'entre eux.

N'ayant eu l'occasion d'étudier aucun échantillon de calamine de cette région, je me bornerai à cette citation. S'il y a lieu, je comblerai cette lacune à la suite de la description des carbonates de zinc.

Tunisie. — Je dois à l'obligeance de M. de Mauroi un échantillon, indiqué comme provenant de Djebel Reças, à 25 kilom. de Tunis. Il consiste en une galène caverneuse tapissée de cristaux de calcite, de cérusite, de calamine, etc. Les cristaux de calamine sont très groupés ; ils ne sont pas mesurables; leurs faces sont arrondies ; ils présentent les formes $mg^1 a^n e^n$.

ANDALOUSITE

$Al^2 Si O^5$

Orthorhombique : $mm = 90° 48'$ (Dx.)
$b : h = 1000 : 499{,}904$. $D = 711{,}617$. $d = 702{,}567$
$[a : b : c = 0{,}98613 : 1 : 0{,}70238]$

Formes observées. p (001), m (110), h^1 (100), h^3 (210), g^1 (010); — a^1 (101), e^1 (011), — e_3 (121).

Les angles ne pouvant être mesurés que très imparfaitement, je ne donnerai que les angles calculés :

$m\,m$	90° 48′ (Dx.)	$p\,a^1$	144° 32′	$m\,a^1$ (adj.)	114° 24′
$m\,h^1$ (sur p)	135° 24′	$p\,h^1$	90°	$m\,e^1$	113° 48′
$m\,g^1$	134° 36′	$a^1\,a^1$	109° 4′		
$m\,h^3$	161° 39′	$p\,e^1$	144° 55′	$p\,e_3$	122° 24′ 30″
$h^3 h^3$ (sur h^1)	127° 30′	$p\,g^1$	90°		
$h^3\,g^1$	116° 15′	$e^1\,e^1$ (sur p)	109° 50′		

Faciès des cristaux. Les cristaux sont toujours allongés suivant l'axe vertical. Dans la variété désignée sous le nom de *chiastolite*, l'allongement est parfois extrêmement grand, les cristaux prennent alors l'aspect de longues baguettes quadratiques.

Déformations mécaniques. — Les cristaux d'andalousite des pegmatites et filons de quartz sont parfois brisés et ressoudés par le quartz ; ils sont quelquefois tordus, et les phénomènes de transformation micacée sont fréquents dans les cristaux ainsi déformés. L'andalousite des schistes métamorphiques des Pyrénées présente souvent aussi des phénomènes de torsion et d'écrasement très énergiques.

Clivages. Clivages faciles suivant *m* (110) ; à peine appréciables suivant h^1 (100) et g^1 (010).

Dureté. 7 environ. — L'andalousite présente souvent une dureté moindre, due à une transformation partielle en produits micacés.

Densité. 3.1 à 3.2. Les différences de densité peuvent s'expliquer de la même façon. Durocher a donné pour l'andalousite des Salles de Rohan (voir chiastolite, dont il sera parlé plus loin) 3.087 pour les parties vitreuses, et 2.985 pour celles qui renferment des inclusions charbonneuses.

Coloration. L'andalousite intacte des gisements français est ordinairement d'un beau rose un peu violacé, parfois rose fleur de pêcher ; les variétés grises ou noires sont généralement en voie de transformation micacée. L'andalousite des schistes paléozoïques (*chiastolite*) est soit jaune ou rose pâle, soit noire, grâce à des inclusions charbonneuses qui vont être étudiées.

Éclat vitreux, poussière blanche. Les cristaux de nos gisements sont généralement transparents sur une épaisseur d'un demi-millimètre.

Inclusions. L'andalousite des granulites, des pegmatites et des roches modifiées par elles est pauvre en inclusions. Elle englobe, dans des cas assez rares, de la staurotide, du grenat, du corindon.

Quant à l'andalousite développée par le granite dans les schistes paléozoïques, elle renferme des inclusions charbonneuses, distribuées régulièrement, qui l'ont fait pendant longtemps considérer comme une espèce spéciale.

Remarqué depuis de longues années par les anciens auteurs, ce minéral a été longuement décrit sous le nom de *macle* par de Robien

(*Nouvelles Idées sur la formation des Fossiles*, Paris, 1751, 108); Romé de l'Isle (*op. cit.*, II, 440) en a fait sa seconde variété de *schorl cruciforme* et l'a désignée sous le nom de *macle basaltique*.

Haüy (*op. cit.*, III, 367) adopta le nom de *macle*. Karsten proposa plus tard celui de *chiastolite*, qui est assez généralement employé aujourd'hui.

Durocher a montré que ces inclusions noires étaient constituées par la matière charbonneuse des schistes renfermant ces cristaux. Elles possèdent parfois la même orientation que dans le schiste ambiant.

Les figures 1 à 5 représentent des sections basiques d'andalousite et font voir les principales dispositions qu'y prend cette matière charbonneuse.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Fig. 1 à 5. — Disposition des inclusions charbonneuses dans l'andalousite (*chiastolite*).

Haüy a donné à chacune d'elles des noms spéciaux, les appelant : *macle tetragramme* (fig. 1), *pentarhombique* (fig. 2), *polygramme* (fig. 3) *circonscrite* (fig. 4). Quant à la figure 5, elle représente la disposition que de Charpentier a désignée sous le nom de *monochrome*.

Des sections parallèles à une face du prisme montrent que le pigment noir est disposé dans le cristal d'andalousite, non pas sous la forme d'un prisme, mais sous celle d'une pyramide très aiguë. On s'explique, dès lors, les figures différentes montrées par les sections basiques, taillées en série dans un même échantillon (fig. 6).

La figure 7 représente un cristal des Salles de Rohan, dont les deux extrémités possèdent la même disposition des inclusions. Elles constituent, à l'intérieur du cristal, deux pyramides aiguës, se réunissant au milieu du prisme qui les renferme.

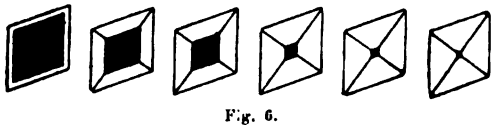


Fig. 6.

Sections tranversales d'un cristal d'andalousite (chiastolite) des Salles de Rohan (grandeur naturelle).

Cette curieuse disposition des inclusions a attiré au plus haut point l'attention des anciens auteurs, qui ont émis au sujet des cristaux de chiastolite les idées les plus étranges. En 1810, Bigot de Morogues avançait encore l'hypothèse que ces cristaux n'étaient autre chose que des polypes fossiles.

Fig. 7. Section longitudinale d'un cristal des Salles de Rohan

Dans le mémoire cité à l'occasion de la staurotide, le président de Robien a fort bien décrit et figuré ces inclusions, et il compare les cristaux de chiastolite aux trémies du sel gemme. La matière noire était, d'après lui, le produit du remplissage de cavités régulières, ayant une origine analogue à celle du minéral précédent.

Les études optiques, et particulièrement celles de M. des Cloizeaux, ont montré que les cristaux en question n'étaient pas des macles de plusieurs individus, comme le croyait Durocher, mais qu'ils possédaient une orientation optique homogène.

Dans de nombreux gisements, l'andalousite s'est développée dans des roches sédimentaires quartzifères et a englobé un grand nombre de grains de quartz. Elle présente alors une structure analogue à celle du cristal de staurotide représentée par la fig. 8, p. 10 ; elle constitue des sortes d'éponges cristallines.

L'andalousite d'un grand nombre de gisements peut, en outre, renfermer des inclusions de rutile, de tourmaline, etc., qui n'ont rien de spécial dans leur distribution.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). La bissectrice aiguë *négative* est normale à p (001).

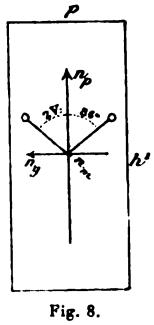


Fig. 8. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

M. des Cloizeaux a obtenu les valeurs suivantes pour les indices de réfraction de l'andalousite transparente du Brésil (rayons rouges) :

$$\mathbf{n}_g = 1.643$$
$$\mathbf{n}_m = 1.638$$
$$\mathbf{n}_p = 1.632$$

La biréfringence maximum est de :

$$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0{,}011 \text{ (moyenne de plusieurs mesures).}$$

Il n'existe pas de dispersion appréciable.

L'écartement des axes est très grand. J'ai obtenu les valeurs suivantes par la mesure de 2 *d* :

	ANDALOUSITE ROSE		CHIASTOLITE		
	Sem.	Saint-Allouestre.	Morlaix.	Salles de Rohan.	Forges-Neuves.
2 V =	85°	84°	84°	85°	83°

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est assez variable, non seulement dans les cristaux d'un même gisement, mais encore dans les diverses parties d'un même cristal. La partie centrale des cristaux est souvent plus colorée que la périphérie.

En lames minces, on observe :

n_g = n_m = } incolore ou jaune très pâle.
n_p = rose saumon.

Les lames basiques de 0^{mm} 5 à 1^{mm} des andalousites étudiées plus haut ne donnent pas de polychroïsme sensible.

Les sections épaisses perpendiculaires à un axe optique montrent le phénomène des houppes.

Groupements réguliers d'andalousite et sillimanite. J'ai décrit (*B. S. M.* XI. 150. 1888) des groupements réguliers d'andalousite et de sillimanite que j'ai observés tout d'abord sur des échantillons de Ceylan et que j'ai trouvés ensuite en Bretagne et dans les Pyrénées. Dans ces groupements, les axes cristallographiques des deux minéraux coïncident, ce qui s'explique par les valeurs voisines de leurs paramètres. Il est facile d'étudier ces groupements, grâce à la différence de quelques-unes des propriétés des deux minéraux, et particulièrement de leurs clivages (*m* (110)

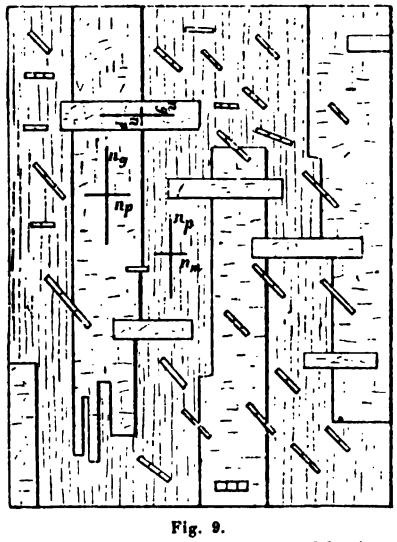


Fig. 9.
Section h^1 (100) d'un groupement d'andalousite reconnaissable à ses clivages longitudinaux et de sillimanite.

dans l'andalousite, h^1 (100) dans la sillimanite). Le clivage nacré de ce dernier minéral se remarque tout particulièrement.

Si l'on taille une lame suivant h^1 (100) de l'assemblage (fig. 9), on constate la différence des propriétés optiques. La sillimanite incolore est parallèle à son clivage et au plan des axes optiques ($n_g - n_p = 0.021$); son allongement est positif. L'andalousite est perpendiculaire à la bissectrice obtuse ($n_m - n_p = 0.006$); l'allongement est négatif et le polychroïsme net (rose suivant n_p).

La sillimanite est souvent, en outre, groupée à 90° et à 45° avec elle-même et avec l'andalousite.

Composition chimique. L'andalousite soigneusement purifiée de toutes ses inclusions et de tous ses produits d'altération donne sensiblement la composition théorique représentée par la formule citée plus haut.

Analyses :

a) de la haute vallée de Sem (Lx.).

b) de l'andalousite de Bône, par M. Renou (voir aux gisements).

c) de Rancié (erratique) pseudomorphose micacée par Bischof (*Chem. géol.* II. 518).

d) de Bretagne par Arfvedson (chiastolite pseudomorphosée en produits micacés) (*Berzelius Jahresb.* 1830. 205).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)
SiO^2	37.11	36.6	59.01	46.3
Al^2O^3.....	62.17	61.9	26.56	36.0
Fe^2O^3	0.48	»	6.63	2.6
MgO	»	»	3.64	2.7
K^2O.....	»	»	alcalis 4.16	11.3
H^2O.....	»	»	perte 2.40	1.1
	99.76	98.5	102.40	100.0

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau. L'andalousite pulvérisée et chauffée après avoir été humectée de nitrate de cobalt prend une belle couleur bleue (*alumine*). Elle est inattaquable par les acides, même par l'acide fluorhydrique.

Altérations. L'andalousite subit des altérations fréquentes en mica blanc (*damourite*). Ces altérations commencent généralement par la périphérie (fig. 10), elles se prolongent suivant les cassures et finissent souvent par transformer le minéral en un agrégat de fines paillettes

micacées, rappelant comme structure les pseudomorphoses de cordiérite (*pinite*).

Cette altération s'observe dans toutes les variétés d'andalousite. C'est à elle que sont dues les variations de dureté signalées dans les échantillons de certains gisements. Les analyses (*c*) et (*d*) données plus haut se rapportent à des pseudomorphoses de ce genre.

J'ai trouvé un mode nouveau de transformation de l'andalousite dans des fragments de gneiss granulitique, enclavés dans les trachytes du Plateau Central.

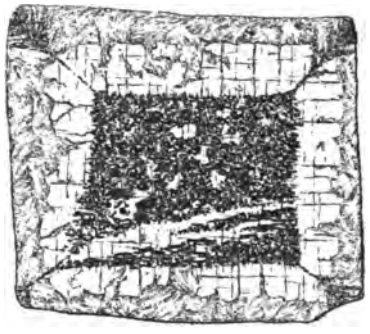


Fig. 10.
Section *p* (001) d'andalousite (chiastolite) avec inclusions charbonneuses et transformation périphérique en damourite (grossis. 4 diam.).

On voit les cristaux d'andalousite se transformer progressivement en un mélange de cristallites de corindon et d'octaèdres verts de spinelle (fig. 11). Par places, les cristaux récents deviennent plus rares autour d'un gros cristal de même substance. Il se produit en même temps des aiguilles de rutile et des feldspaths grenus récents.

Toutes ces modifications sont dues à l'action qu'exercent sur le gneiss les liquides minéralisateurs apportés par la roche volcanique. Elles sont très développées dans les enclaves des trachytes de plusieurs gisements de l'Eifel et du Siebengebirge.

Fig. 11.
Transformations d'andalousite (*a*) en un mélange de corindon (*c*) cristallitique et de spinelle (enclave gneissique des trachytes du Coran.)

Diagnostic. La couleur rose, les formes cristallines, les deux clivages prismatiques, voisins de 90°, constituent de bons caractères pour la distinction macroscopique de l'andalousite.

Les formes et les inclusions charbonneuses, régulièrement distribuées, différencient l'andalousite (*chiastolite*) des schistes paléozoïques métamorphisés.

En lames minces, ce sont également les formes, les propriétés inhérentes aux minéraux rhombiques, les clivages prismatiques très fins, le signe négatif de l'allongement et de la bissectrice aiguë,

le polychroïsme dans les teintes roses, joints à la biréfringence faible, qui caractérisent l'andalousite et permettent de la distinguer de la sillimanite avec laquelle elle est souvent associée et qui possède à peu près la même réfringence.

L'andalousite peut être facilement isolée des roches par l'acide fluorhydrique qui la laisse intacte; elle surnage dans l'iodure de méthylène.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'andalousite se rencontre dans des gisements variés, et présente dans chacun d'eux des formes caractéristiques. On l'observe :

1° Dans les roches éruptives granulitiques et dans les roches schisteuses modifiées par elles ;

2° Dans les schistes paléozoïques métamorphisés par le granite. (Variété *chiastolite*.)

1° *Dans les roches granulitiques et les schistes modifiés par elles.*

a) *Dans les pegmatites et les filons de quartz.*

Les plus beaux cristaux d'andalousite se rencontrent dans les filons de quartz et les pegmatites. La région française qui, à ce point de vue, mérite de devenir classique, est l'Ariège. J'ai fait voir déjà (*C. R.* 1892) que l'andalousite s'y rencontre en cristaux quelquefois volumineux, mais généralement peu nets dans les pegmatites des gneiss ; plus haut, dans la série géologique, on la trouve dans les lentilles et les filons de quartz (dérivant des pegmatites par disparition progressive des feldspaths) des schistes micacés précambriens.

Les cristaux d'andalousite sont d'autant plus nets qu'ils se trouvent dans des roches plus pauvres en feldspath ; les cristaux riches en faces se rencontrent presque exclusivement dans les filons ou nodules de quartz. Ils atteignent parfois 10 cent. de plus grande dimension, formant souvent des agglomérations d'un grand nombre de cristaux. Ils sont associés à de grands cristaux de cordiérite pseudomorphosés (Pyrénées, Bretagne), à de la tourmaline en houppes soyeuses, noires (Pyrénées, Bretagne), quelquefois à du disthène (Bretagne), etc.

Cette andalousite rose, parfois translucide, est fréquemment accompagnée de damourite et de divers produits micacés formés en partie à ses dépens.

Normandie. — *Calvados.* La collection géologique du *Museum d'histoire naturelle* renferme des échantillons d'andalousite en gros cristaux (*p m*) engagés dans une pegmatite de la carrière de la Bellière, à 1 kilom. environ de Vire. Ils sont accompagnés de pseudomorphoses micacées de cordiérite.

Bretagne. — *Côtes-du-Nord.* Cristaux roses dans le quartz des schistes (précambriens?) de Roc-Eas, entre Lanmeur et Lannion.

Morbihan. Des cristaux *p* (001) *m* (110) d'andalousite rose atteignant 5 cent. suivant l'axe vertical se trouvent dans les pegmatites de Saint-Allouestre. Ce minéral forme aussi des masses bacillaires de volume plus ou moins considérable. Il est généralement pénétré de mica blanc, et parfois complètement pseudomorphosé par ce dernier minéral. Il est accompagné de tourmaline et de disthène.

On peut encore citer le Pont de Resteligan, à 4 kilomètres du Faouet (dans pegmatites à muscovite), et les environs de Plouay, qui fournissent des cristaux analogues, rarement nets.

Loire-Inférieure. Les environs de Nantes sont riches en andalousite en cristaux *p* (001) *m* (110), souvent de grande taille et pseudomorphosés en damourite. Elle se trouve dans des filons ou des nodules quartzeux des micaschistes granulitiques. A Nantes même, on peut citer le vieux gisement des douves Saint-Nicolas ; M. Baret en a trouvé de beaux cristaux à Loquidy, près l'octroi de l'Écusson (avec pseudomorphoses micacées de cordiérite), au Pont du Cens (masses cylindroïdes roses de grande dimension). De beaux cristaux vitreux roses ont été rencontrés dans des micaschistes au Pont de la Tortière, à Petit-Port (pseudomorphoses micacées), etc.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées.* Grands cristaux rouges dans filons de quartz ou de pegmatite à Loudervielle, à Pouchergues et au port de Peyresourde (vallée de Louron), dans la gorge du port de la Pez, dans la vallée de Lesponne (M. Frossard) ; à Arbas, dans les pegmatites du massif de Soulan.

Haute-Garonne. Gros cristaux rosés, généralement corrodés et pseudomorphosés, dans les pegmatites de la Coume-de-Nère (vallée du Lys), dans celles de la montagne de Crabioulès et de Clarabide, et au dessous de la cascade d'Enfer près Luchon, de Lez près Saint-Béat, etc. M. Gourdon l'a rencontrée dans les mêmes conditions

au pic de Montludo (val d'Arran) [Espagne]. M. Caralp me l'a signalée dans les pegmatites, à l'ouest de Lès, dans la même région.

Ariège. L'andalousite est extrêmement fréquente en beaux cristaux dans les filons et les amandes de quartz des schistes micacés précambriens de l'Ariège. Aussi me contenterai-je de signaler quelques-uns des gisements qui m'ont fourni les cristaux les plus nets : environs de Caplong, au nord-est de Massat ; environs de Ganac ; dans le massif du pic de Saint-Barthélemy, au dessous de Croquier, le pic de la Lauzatte, le mont Fourcat. Au dessus du col d'Aigotorto, sur le flanc de ce dernier pic, j'ai trouvé avec d'énormes cristaux de cordiérite (praséolite) de très jolis cristaux d'andalousite rose pâle, translucides, présentant les formes p (001) m (110) e^1 (011) (fig. 13), cette dernière face est souvent très développée, on observe aussi quelquefois a^1 (101) (fig. 14.).

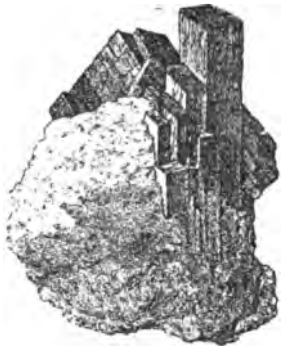


Fig. 12.
Andalousite sur quartz.

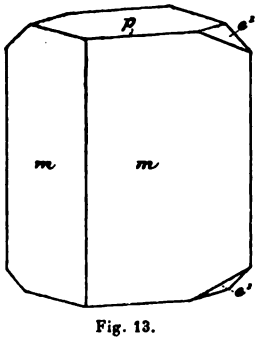


Fig. 13.

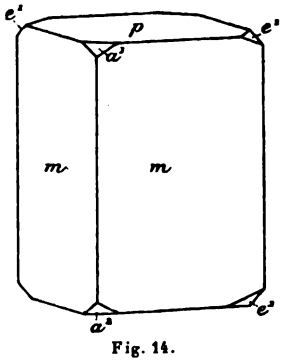


Fig. 14.

Dans la vallée de l'Ariège, depuis Savignac jusqu'à Ax et Ascou, ce minéral est extrêmement abondant. Dans une petite carrière, située au delà du village d'Ascou, j'ai trouvé de beaux cristaux, implantés sur les parois du schiste micacé, avec leurs sommets engagés dans le quartz ; les cristaux sont fréquemment transformés en damourite et présentent alors une couleur noirâtre. La base manque assez souvent ; dans ce cas, les cristaux sont terminés par e^1 (011) (fig. 15) ou par e^1a^1 (101) (fig. 16), quelques-uns d'entre eux atteignent 15 cent. de plus grande

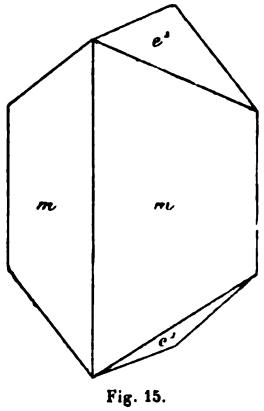


Fig. 15.

dimension. On les trouve aussi aux environs immédiats d'Ax, dans la tranchée du chemin de fer et sur la route de Prades (avec gros cristaux de cordiérite pseudomorphosés).

Les schistes micacés dont il vient d'être question forment la bordure septentrionale du massif gneissique de la frontière et se prolongent à l'ouest jusqu'en Espagne. C'est dans la haute vallée de Sem que j'ai rencontré les plus beaux cristaux d'andalousite; ils sont roses, parfois translucides, dépourvus d'altérations micacées; leur netteté est parfaite. Ils forment souvent des groupements à axes plus ou moins parallèles, atteignant 20 cent. de longueur, les formes y sont très variées: p (001) m (110); $p\,m\,h^3$(210); $p\,m\,h^1\,h^3$ (fig. 17); $p\,m\,h^3\,e^1$ (fig. 18) auxquelles s'ajoutent parfois $h^1\,g^1\,a^1$.

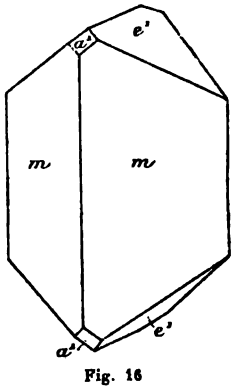


Fig. 16

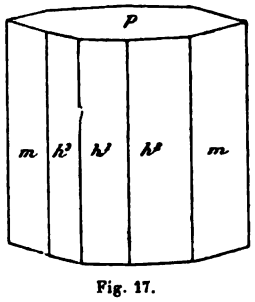


Fig. 17.

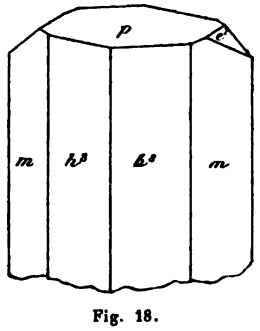


Fig. 18.

Enfin j'ai trouvé un gros cristal d'environ cinq centimètres de longueur, présentant une grande irrégularité dans le développement de ses faces; il est constitué par les faces $m\,h^1\,h^3\,p\,e^1$. De plus, une seule face a^1 et deux faces e_3 (121) sont largement développées; les autres n'existent qu'à l'état rudimentaire (fig. 19). Notons enfin quelques cristaux, aplatis suivant une face m.

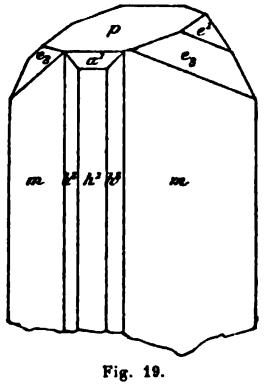


Fig. 19.

C'est probablement de ce gisement que provient l'échantillon de pseudomorphose d'andalousite de Rancié (erratique), décrit par Bischof.

Des cristaux d'andalousite, à faces peu nettes, se rencontrent aussi dans les granulites du massif du Saint-Barthélemy, dans le chaînon nord du pic du Han, avec grenat, tourmaline, sur le flanc

nord des crêtes dominant l'Étang des Truites. Enfin, à quelques mètres au dessus et à l'est du col de Cadènes, j'ai trouvé dans une pegmatite d'énormes cristaux d'andalousite, rose fleur de pêcher, très brisés et associés à du corindon bleu saphir.

Pyrénées-Orientales. L'andalousite existe dans les filons de quartz des schistes précambriens des environs de Prades. Boubée l'a signalée sur le chemin de Vinça au pic du Canigou.

Plateau Central. — *Aveyron.* M. Bergeron m'a indiqué des cristaux d'andalousite rose, de la forme *p* (001) *m* (110), dans les filons de quartz de la Vernière, sur la rive gauche de l'Orb; dans les environs d'Asprières, de Bonne-Combe, de Salmiech, de Cassagnes-Bégonhès; ils se trouvent au milieu de micaschistes à minéraux.

Haute-Loire. Bertrand de Lom a indiqué l'existence d'andalousite rose, accompagnée de muscovite et de sillimanite dans les pegmatites des environs de Langeac.

Haute-Vienne. M. Damour possède dans sa collection un échantillon d'andalousite rose (*pm*) sur quartz, dont l'étiquette d'origine très ancienne porte l'indication « environs de Limoges ».

Loire. De Bournon a signalé (*J. P.* 1789. 4. 453) l'existence de corindon rose dans une pegmatite des montagnes avoisinant Montbrison. Haüy, dans son *Traité de minéralogie* (t. IV. 362. 1801), rapporte cette observation, mais considère le minéral comme une variété de son feldspath apyre (andalousite). De Bournon, dans son second mémoire sur le corindon (*Philosoph. Trans.* 1802, 326), proteste vivement contre cette manière de voir. Il regrette de n'avoir plus à sa disposition d'échantillons de ce minéral; tous ceux qu'il possédait ayant été perdus avec sa première collection. Ses notes lui restent cependant, il y trouve les renseignements suivants : 1° le minéral était rouge, avec une teinte pourpre, il formait de petits grains ou des fragments plus volumineux dans un feldspath jaunâtre constituant une petite veine dans une roche granitique; 2° des surfaces polies dans les échantillons montraient un passage insensible du minéral rose avec sa gangue; 3° il possédait une dureté très variable suivant les points considérés; par places, il rayait facilement le feldspath; 4° ce minéral renfermait de petits grains bleu saphir, que divers essais, et notamment celui de la dureté, permettaient d'attribuer sans aucun doute à du corindon. De Bournon concluait de ces faits que le minéral rouge était du corindon, les diverses par-

ticularités que nous venons de signaler étant celles qu'il avait observées dans les corindons de Chine.

M. Gonnard s'est occupé de cette question (*B.S. M.* VII. 207. 1885) et a fait remarquer que Passinges attribue la découverte de l'andalousite dans le Forez à un sieur Imbert de Montbrison, et que divers auteurs ont plus récemment indiqué ce minéral comme provenant d'Imbert, près Montbrison. M. Gonnard ajoute que Grüner ayant cité ce minéral d'après des cristaux se trouvant dans la collection d'Allard à Montbrison, il a étudié les échantillons en question et constaté qu'ils étaient formés par de l'aragonite.

Dans la discussion soulevée par de Bournon et Haüy, il me semble probable que l'opinion de ce dernier savant doit être acceptée. La description donnée par de Bournon correspond très bien à l'andalousite du col de Cadènes (Ariège). La variabilité de la dureté, le passage insensible du minéral avec sa gangue s'expliquent par une transformation partielle de l'andalousite en produits micacés. Quant aux inclusions de saphir, nous avons vu qu'elles existent aussi dans le gisement pyrénéen auquel nous venons de faire allusion. De Bournon signale dans les mêmes conditions géologiques et dans la même région des cristaux de béryl. Il est à souhaiter que des recherches ultérieures permettent de fixer exactement la position de ce gisement.

Des cristaux d'andalousite rose ont été signalés par Drian, près de Rive-de-Gier, dans la percée de Couzon pour le canal de Givors; ils présentent des altérations micacées.

Esterel. — *Var.* L'andalousite est abondante dans les micaschistes à minéraux de l'Esterel. On ne peut, à ce sujet, que renvoyer aux gisements cités pour la staurotide. Les lentilles de quartz des mêmes micaschistes renferment parfois des cristaux d'andalousite rose (la Molle, etc.). On en rencontre aussi, quoique plus rarement, dans des pegmatites avec disthène et grenat (île du Levant).

Haüy cite, dans sa minéralogie, les environs d'Aix en Provence comme gisement d'andalousite. J'ai pu m'assurer, par l'échantillon de sa collection conservée au Museum, que le gisement qu'il a voulu désigner est celui de la Molle.

b) *Dans les gneiss, les micaschistes et les schistes micacés granulitisés.*

L'andalousite des gneiss, micaschistes et schistes micacés granulitisés est généralement microscopique et dépasse rarement quelques milli-

mètres ; elle ne forme pas d'ordinaire de cristaux à formes nettes, elle est souvent accompagnée de grenat, de tourmaline, de cordiérite, parfois de staurotide, de disthène (dans les micaschistes), de sillimanite (gneiss), etc. J'ai rangé dans cette catégorie des schistes micacés des Pyrénées qui semblent être paléozoïques. Quelques-uns d'entre eux présentent une grande analogie avec les schistes micacés de contact avec le granite. Peut-être même devaient-ils être rangés dans cette dernière série. Ne les ayant pas recueillis moi-même en place, je les place ici sous bénéfice d'une étude ultérieure.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées.* Le massif du Pic du Midi et particulièrement le sommet du Pic, le col d'Oncet, la vallée de Lesponne, etc., renferment en abondance des schistes noduleux à andalousite et staurotide métamorphisés par la granulite. Ce sont ceux qui ont été signalés page 12, à l'occasion de la staurotide. L'andalousite y forme des cristaux noirs faisant saillie sur les surfaces exposées à l'air ; leur centre est parfois occupé par de la staurotide. Quelques cristaux sont partiellement pseudomorphisés en damourite qui se développe sur leurs bords et dans leurs cassures transversales. Les cristaux prennent alors un aspect cloisonné[1].

Haute-Garonne. M. Gourdon m'a communiqué de longs cristaux roses hyalins d'andalousite, associés à des cristaux nets de staurotide, provenant des schistes micacés précambriens de la montagne de Montauban, près Luchon. On la trouve également dans les schistes séricitеux à staurotide du lac Seculejo (vallée de Larboust) et du lac d'Espingo, ainsi que dans les schistes micacés de toutes les localités signalées à la page 33 comme gisements d'andalousite des filons de quartz.

Ariège. Les gneiss de l'Ariège sont généralement recouverts par une zone plus ou moins épaisse de schistes micacés, passant à leur base aux gneiss feldspathiques, à leur sommet aux schistes carburés siluriens. Dans leur partie moyenne, ils sont souvent riches en filons ou nodules de quartz renfermant les beaux cristaux d'andalousite décrits plus haut.

1. M. Frossard m'a remis de longs cristaux d'andalousite violette atteignant 8cm de longueur. Ils sont engagés dans un micaschite à biotite de la vallée de Lesponne ; il en existe d'analogues à Génost (vallée de Louron) accompagnant de petits cristaux de staurotide. Cette communication m'a été faite depuis le tirage de la page 12. Les schistes à staurotide et andalousite qui sont décrits à l'article « Hautes-Pyrénées » et que je n'avais pas vus encore en place sont ceux qui viennent d'être étudiés dans ce paragraphe.

Ils contiennent eux-mêmes le même minéral qui y constitue des amandes atteignant parfois la grosseur d'un œuf; elles y sont souvent extraordinairement abondantes.

Quand on brise une de ces amandes, généralement aplaties et allongées, on constate qu'elles ont une couleur rosée. Si on les étudie au microscope, on voit que leur composition minéralogique n'est pas homogène, qu'elles sont constituées par l'enchevêtrement à axes souvent parallèles de staurotide, d'andalousite, de cordiérite moulant le quartz ancien du schiste. Ces minéraux sont accompagnés de biotite, d'apatite et de tourmaline.

On peut citer comme gisements spéciaux : les environs de Ganac ; dans le massif du Saint-Barthélemy, les alentours du pic de la Lauzatte, du mont Fourcat; dans la vallée de l'Ariège, les environs de Savignac, Ax, Ascou, etc.; dans le massif du pic des Trois-Seigneurs, le col du Pas de la Pourtadelle et le revers ouest du pic des Trois-Seigneurs, etc.

Pyrénées-Orientales. Ces mêmes schistes à andalousite existent probablement dans les Pyrénées-Orientales, et notamment aux environs de Prades; les échantillons que j'ai eus entre les mains ne me permettent pas d'indiquer de gisements précis.

Montagne-Noire. — *Tarn.* Les schistes à andalousite sont abondants dans la Montagne-Noire. M. Bergeron les considère (*Ann. Sc. géol.* XXII. 50. 1889) comme appartenant à l'étage des micaschistes ou à la base du précambrien. Ils sont traversés par les filons de quartz à andalousite signalés plus haut. D'après les échantillons qu'a bien voulu me communiquer M. Bergeron, ils se rapportent au type que j'ai décrit dans l'Ariège.

On peut les citer autour du massif du Sidobre et dans une série de bandes parallèles à la direction de la chaîne de la Montagne-Noire. L'une part de Labécède et va jusqu'à Escoussens, en passant par Arfons, Laprade et Ramondens; une autre passe par Gijounet, le col de la Bassine, les environs de Lacaune, et va jusqu'à Murat. On peut encore citer Cambounes, Rialet, etc.; dans la partie orientale de la Montagne-Noire, les environs de Saint-Gervais; sur son versant méridional, les environs de Labastide et de Saint-Pons, etc. M. Frossard a recueilli des cristaux d'andalousite vitreux atteignant $4^{cm}5$ dans les schistes micacés de Vabre.

Plateau Central. — *Aveyron.* Des roches à andalousite, identiques à celles de la Montagne-Noire, s'observent dans le Rouergue,

entre La Caze, Asprières et Viviez; on les retrouve au milieu du massif de schistes à séricite du sud de Rodez, allant de Bonne-Combe à Salmiech, Cassagnes-Bégonhès, etc.

Haute-Loire. L'andalousite, accompagnée de sillimanite, constitue un élément microscopique des micaschistes à séricite de Lubilhac (Hte-Loire), près Massiac (Cantal), d'après une communication que m'a faite M. Termier.

Cantal et Puy-de-Dôme. — Je ne connais pas en place, dans cette région, de gneiss ni de granulite à andalousite, mais j'ai rencontré ces roches en enclaves dans les trachytes et andésites de Menet, du Lioran (Cantal), dans les trachytes du Mont-Dore, au Capucin (gneiss à cordiérite, andalousite, sillimanite, etc.), à Pailloux (granulite à cordiérite et andalousite), dans les andésites à olivine de Besse, dans les trachytes de Fontenille (Puy-de-Dôme).

Au Lioran et à Fontenille, l'andalousite de ces enclaves est transformée en un mélange de corindon et de spinelle moulés par des feldspaths récents (fig. 11).

Loire. MM. Michel Lévy et Termier ont décrit (*B. S. M.* XII. 56. 1889) des associations à axes parallèles d'andalousite et de sillimanite dans le gneiss granitique à cordiérite de la Chuperie, sur la route de Graix à Bourg-Argentat (massif du Pilat).

M. Termier m'a signalé des cristaux volumineux du même minéral, sans formes déterminables, dans les gneiss granulitiques du col de Pavezin, dans la même région. On le rencontre aussi dans les lentilles de quartz des micaschistes de Saint-Paul-en-Jarrest.

Rhône. L'andalousite se trouve comme élément microscopique dans les micaschistes granitisés du ravin des Haies près Condrieu, à l'ouest de la ferme de Gravisse.

Esterel. — *Var.* L'andalousite accompagne la staurotide dans les micaschistes des gisements cités au sujet de ce dernier minéral.

2° *Dans les schistes modifiés au contact du granite* (*chiastolite*).

L'andalousite est un des minéraux les plus fréquemment produits au contact du granite et des schistes paléozoïques. Dans ce gisement, elle renferme souvent les inclusions charbonneuses, régulièrement distribuées, qui ont été décrites plus haut, et qui l'ont fait longtemps considérer comme un minéral spécial (*macle*, *chiastolite*).

Les variétés présentées par l'andalousite de ce genre de gisement

sont en rapport avec la nature initiale de la roche dans laquelle ce minéral s'est développé, et par suite, dans une certaine mesure, avec l'âge de cette roche, au moins dans une région donnée.

C'est en Bretagne qu'il est le plus facile d'étudier ces diverses formes d'andalousite, c'est là que j'ai pris mes types, qui sont au nombre de trois. Les travaux de Durocher et de M. Barrois ont beaucoup facilité mon travail.

a) *Type Sainte-Brigitte.* Je désigne sous ce nom les longs cristaux d'andalousite (*chiastolite*), atteignant parfois 20 cent. de plus grande dimension (fig. 23), qui se développent dans les schistes argileux du silurien (*ordovicien*) parfois à plus de quatre kilomètres du contact du granite. Ces schistes, souvent encore fossilifères, n'ont pas subi d'autres phénomènes de transformation; ils ne se chargent de biotite qu'au contact immédiat du granite. On les rencontre aussi en Bretagne dans le carbonifère en cristaux généralement plus petits.

Tous les cristaux ont des faces prismatiques nettes; ils se détachent facilement du schiste qui les renferme. Ils contiennent les inclusions représentées par les figures 1 à 7.

b) *Type Huelgoat.* Les cristaux de ce type sont petits, ne se détachent pas de leur gangue. Le pigment charbonneux n'y est pas toujours aussi régulièrement distribué que dans ceux du type précédent. Ce sont eux qui se produisent le plus ordinairement au contact du granite et des schistes paléozoïques. En Bretagne, on les observe surtout dans les schistes un peu calcarifères du dévonien. On peut distinguer généralement dans les contacts de ce genre les trois stades décrits par M. Rosenbusch dans les *Steiger Schiefer* de la vallée de Barr-Andlau.

Fig. 20.
Andalousite (type Huelgoat). Les grands cristaux d'andalousite sont disséminés dans un mélange de quartz et de mica.

A Huelgoat, au contact immédiat du granite, on observe des roches compactes, dures, extrêmement riches en baguettes d'andalousite pressées les unes contre les autres (fig. 20), et quelquefois en cristaux allongés de cordiérite postérieure à l'andalousite; la roche est riche en granules de quartz moulés par la biotite (c'est la zone des *cornéennes*).

En s'éloignant du contact, l'andalousite devient moins abondante, la roche est plus micacée.

Plus loin, les schistes renferment moins de mica; l'andalousite disparaît, elle est remplacée par des nodules charbonneux plus ou moins clairsemés (zone des *schistes micacés noduleux*).

Enfin, à une distance plus grande du contact, les schistes modifiés ne diffèrent des schistes normaux que par l'existence de nodules charbonneux plus nombreux, mais plus petits que dans la roche précédente et par la substitution de la magnétite à l'oligiste (zone des *schistes noduleux*).

c) *Type Moulin-Vieux.* Enfin mon dernier type est celui qui s'observe dans les schistes grossiers, riches en quartz du dévonien inférieur de Bretagne et des terrains paléozoïques des Pyrénées. Les gisements les plus nets sont ceux du Moulin-Vieux, près Morlaix, et des Chalets Saint-Nérée, dans les Pyrénées. L'andalousite y forme de longs cristaux blancs dépourvus d'inclusions charbonneuses et non isolables de la roche ; elle est généralement accompagnée de sillimanite, parfois groupée à axes parallèles avec elle (fig. 21). La roche qui la renferme est surtout constituée par du quartz moulé par de la biotite plus ou moins abondante. Elle présente à l'œil nu un aspect gneissique parfois très frappant. Elle correspond en partie aux *leptynolites* de Cordier. Il n'est parfois pas aisé de la distinguer au microscope de certains schistes micacés précambriens modifiés par les filons de quartz à andalousite, bien que leurs caractères macroscopiques soient assez différents.

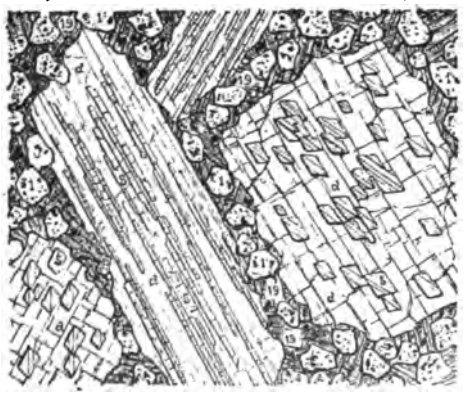


Fig. 21.
Leptynolite (type Moulin-Vieux) avec groupements à axes parallèles d'andalousite (*a*) et de sillimanite (*s*). A droite et à gauche, sections *p* (001), au milieu, sections longitudinales du groupement.

Il existe également des passages entre les cornéennes micacées du type précédent et les leptynolites.

Normandie. — L'andalousite (*type Huelgoat*), est fréquente au contact du granite et des schistes paléozoïques de Normandie, et

notamment dans la Manche, aux environs de Flamanville, ainsi qu'entre Mortain et Avranches, sur les deux flancs de la chaîne granitique, dans le Calvados, aux environs de Vire, etc. De plus, le gisement suivant présente un intérêt particulier.

Orne. Je dois à l'obligeance de M. Le Tellier des cristaux d'andalousite (*type Sainte-Brigitte*), provenant des schistes siluriens à *Calymene* de Saint-Barthélemy, à quatre kilomètres sud-ouest d'Alençon. Ils atteignent 4 cent., suivant l'axe vertical. Ils s'isolent facilement du schiste qui les englobe et sont remarquables par leur transformation totale en damourite. Ils sont généralement à leur périphérie colorés en rouge par un peu d'hématite.

Bretagne. — Au commencement de ce paragraphe, j'ai décrit les diverses formes présentées par l'andalousite (*chiastolite*) développée par le granite dans les schistes paléozoïques de Bretagne ; il suffira d'énumérer quelques gisements particulièrement intéressants à ce point de vue. Il me paraît inutile de multiplier outre mesure ces citations.

Côtes-du-Nord. L'andalousite se rencontre dans les leptynolites dévoniennes du type Moulin-Vieux, au contact du granite du massif de Rostrenen. Les schistes carbonifères de la même région (Glomel) contiennent des andalousites de petite taille, du type de Sainte-Brigitte.

Finistère. Aux alentours du massif granitique de Morlaix, et particulièrement au ravin du Moulin-Vieux, au bourg de Plourin, on observe la leptynolite dont j'ai fait le type du Moulin-Vieux (fig. 21). Les groupements réguliers à axes parallèles d'andalousite et de sillimanite y atteignent plusieurs centimètres de longueur.

Aux environs de Huelgoat, il est facile d'observer toutes les variétés de roches à andalousite (*type Huelgoat*), depuis les cornéennes (près du Gouffre, près de la Coudraie, au nord de Ty-Mahé, près Saint-Herblot), les schistes feuilletés avec cristaux d'andalousite de 1 cent. de longueur (tranchée de la Coudraie, Ar-chef-cours) jusqu'aux schistes tachetés sans andalousite. La roche éruptive est un granite à pinite, la roche modifiée un schiste dévonien de l'étage de Porsguen (Barrois).

Les schistes siluriens des environs de Huelgoat renferment dans quelques points, à Vern et An-Avalennou, des cristaux d'andalousite rose, de 2 à 3 cent. de longueur, appartenant au *type Sainte-Brigitte.* Leur développement est également dû à l'action du même granite ; au contact immédiat avec celui-ci, le schiste se charge de biotite. C'est à

ce même type qu'il faut rattacher de jolis cristaux, ayant environ 2 cent. sur 2 mill., qui accompagnent la staurotide et le grenat dans les schistes siluriens micacés du village de Mur-en-Plouigneau et de Forges-Neuves. (Voy. à staurotide); leurs propriétés optiques ont été données plus haut.

Morbihan. Le gisement le plus important de la Bretagne, au point de vue de l'andalousite (*chiastolite*), est celui des environs des Salles-de-Rohan.

Les cristaux en sont connus depuis la plus haute antiquité; ils étaient désignés par les anciens auteurs sous le nom de macles, et il semble que l'introduction de ce terme dans la langue héraldique tienne à ce que les Rohan, sur les terres desquels se trouvait ce gisement, les avaient représentées dans leurs armes. Je dois à l'obligeance de M. Œhlert la communication des documents suivants sur cette question.

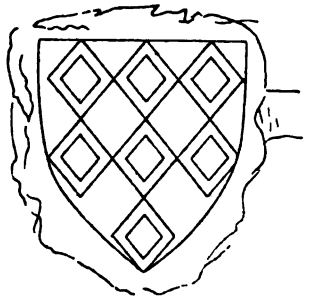


Fig. 22.
Contre-scel de Geffroi, vicomte de Rohan (1222).

La figure 22 représente le contre-scel de Geffroi, vicomte de Rohan (1222), donné par dom Lobineau dans son histoire de Bretagne (*Preuves de l'histoire de Bretagne, faisant suite à Dom Morice*, II. XXVI). On y voit dessinée une des figures habituelles aux sections transversales des cristaux d'andalousite des Salles.

Marc de Varennes (*Le Roy d'Armes*, 1740) discute très longuement la question des macles (p. 470); parmi les différentes opinions, il dit : « D'autres vous maintiendront qu'attendu que les arbres et les cailloux qui sont aupres de Rohan, vers le chasteau des Salles, sont tous marquez de temps immemorial de ces figures de macles, et que c'a esté de là que les premiers Barons de ces terres fort nobles en ont chargé leurs armoiries. »

D'autre part, on trouve dans Marc Vulson de la Colombière (*La science héroïque*, 1744, p. 149) le passage suivant : « *Rohan*, de gueules à 9 macles d'or, 3, 3 et 3; les opinions ont esté bien diverses, touchant l'origine des macles; quelques autheurs ont confondu ce mot avec celuy des mailles, et j'ay veu des manuscrits anciens où ces figures estoient tousiours blazonnées macles ou mailles, comme estans en quelque façon semblables aux mailles des filets qu'on emploie à la

chasse ou à la pesche, ou bien à ces maillcs passées l'une dans l'autre, desquelles les cavaliers anciens se servoient à faire des iaquettes ou jaques-de-mailles. Mais quant à moy, ayant souvent pris garde que les choses qui sont particulières et remarquables en quelque pays, ont quelquesfois donné sujet à ceux qui en estoient seigneurs de les figurer dans leurs escus, et les prendre pour armes ou armoiries. J'estime que les seigneurs de Rohan, qui sont les premiers à mon advis qui ont porté ces figures dans leurs armes (quoy qu'issus des anciens roys et Princes de Bretagne) les ont prises, pource que dans le très ancien vicomté de Rohan, depuis Duché, il y a quantité de petits caillous, lesquels estans couppez en deux, l'on y voit dedans cette figure marquée; comme aussi les carpes qui sont dans les estangs dudit Duché portent la mesme marque figurée dans leurs escailles : Ce qui estant extraordinaire et particulier à cette contrée, ce n'est pas sans sujet que les anciens Seigneurs d'icelle ayans remarqué cette merveille, ont pris ces figures pour leurs armes, et les ont transmises à leurs descendans, et leur ont donné le nom de Macles, qui vient du latin *Macula*, qui signifie tache, une macule ou une marque; d'où quelques-uns de cette maison ont pris pour devise *sine macula macla.* »

Nous avons cité plus haut le mémoire du président de Robien sur les cristaux d'andalousite des Salles de Rohan.

Fig. 23.
Schiste d'Angers renfermant deux cristaux d'andalousite (chiastolite) et un trilobite.
Dessin fait d'après une photographie. (Sainte-Brigitte).

Les cristaux du gisement qui nous occupe ont été étudiés par tous les minéralogistes du siècle dernier et par ceux du commencement de ce

siècle. Ce fut en 1838 que Puillion Boblaye découvrit à Sainte-Brigitte (*C. R.* 186. 1838) des fossiles siluriens dans les échantillons riches en cristaux d'andalousite. M. Barrois a donné (*B. S. G.* 3e série, XIV. 856. 1885) la bibliographie des mémoires géologiques publiés depuis longtemps à ce sujet.

Nous nous contenterons de rappeler que les schistes argileux qui les renferment appartiennent au silurien (schistes d'Angers), et que l'on y rencontre les fossiles suivants : *Calymene pulchra* (Barr), *Trinucleus ornatus* (Sternb), *Dalmanites socialis* (Barr), etc., en même temps que des cristaux d'andalousite atteignant 20 cent. de plus grande dimension. La figure 23 représente un échantillon de la collection de M. de Limur, reproduit d'après une photographie de M. de Gourdon. Le cristal inférieur mesurait 19 centimètres.

Ces cristaux sont souvent entourés d'une gaîne jaune constituée par des produits d'altération micacés (fig. 10) ; nous avons étudié plus haut la marche de cette décomposition, ainsi que la disposition de ses inclusions charbonneuses.

Durocher a signalé (*B. S. G.*, 2e série. III. 557. 1846) ce fait que les cristaux sont disposés parfois obliquement ou perpendiculairement à la schistosité du schiste qui les contient ; il a montré que le pigment noir présentait la même disposition que dans le schiste et n'offrait pas trace de plissement.

L'andalousite s'observe non seulement à Sainte-Brigitte, mais encore à trois kilomètres de là à l'Étang des Salles, aux Forges des Salles et sur toute la lisière du granite de la région.

On la trouve aussi dans les schistes du même âge de Molac.

Le même type d'andalousite formé dans les mêmes conditions se rencontre aux environs de Rochefort-en-Terre (de Saint-Perreux a Larré), à Saint-Jean de la Poterie.

Le type Huelgoat existe au Mortier en Saint-Jacut (pseudomorphoses micacées).

Loire-Inférieure. A Marsac (N.-O. de Nozay), on observe dans les schistes siluriens de grands cristaux du type Sainte-Brigitte ; ils sont très allongés (5 cent.), tordus et étirés en fuseau ; ils se détachent facilement de leur gangue schisteuse et sont entourés d'une couche micacée jaunâtre.

Dans la même région, M. Barrois m'a signalé de l'andalousite dans les leptynolites du silurien supérieur (*type Moulin-Vieux*).

Maine-et-Loire. — Parmi plusieurs gisements du Maine-et-Loire, on peut citer celui de Saint-Lambert-la-Potcrie (type Huelgoat), que m'a indiqué M. L. Bureau.

Pyrénées. — L'existence dans les Pyrénées de schistes à andalousite (*schistes maclifères*) de ce groupe est connue depuis longtemps. Ramond, de Charpentier en ont cité de nombreux gisements. Cordier (D'Orbigny, *Descr. des Roches*, Paris, 1868, p. 199) a pris les roches des environs de Barèges comme un des types de sa *macline*. Depuis lors, ces schistes ont été étudiés par divers auteurs, et notamment par M. Zirkel (*Z. G. G.* XIV. 1867). On les observe au contact de tous les massifs granitiques de la chaîne avec les schistes paléozoïques. On peut y distinguer les mêmes types qu'en Bretagne, avec toutefois quelques variétés locales.

Il existe une certaine difficulté à différencier, d'après la description des anciens auteurs, quelques-unes de ces roches de contact du granite avec les schistes micacés du précambrien modifiés par la granulite, schistes étudiés dans le paragraphe précédent. Cette observation s'applique surtout aux schistes micacés à andalousite et staurotide des Hautes-Pyrénées, qui ont été décrits à l'article *staurotide.* Ces derniers se trouvent dans la série géologique à un niveau inférieur à celui des schistes à andalousite seule. Il est possible qu'ils soient le résultat du métamorphisme des schistes précambriens par le granite.

Quoi qu'il en soit, je décris ici tous ces schistes dans un article unique, sauf à les séparer plus tard s'il y a lieu, lorsque l'étude sur le terrain m'aura permis de débrouiller leur mode de formation.

On pourrait multiplier à l'infini les citations de gisement; je me bornerai à indiquer ceux qui ont été cités par les auteurs précédents ou qui méritent une mention spéciale par suite de quelques particularités.

Hautes-Pyrénées. Aux environs d'Héas, au cirque de Troumouse, se rencontrent en abondance dans un schiste argileux silurien de jolis petits cristaux d'andalousite, avec les inclusions représentées par les figures 1 à 5. Ils appartiennent au *type de Sainte-Brigitte*, mais ne peuvent pas être facilement détachés de leur gangue. Ramond les a déjà indiqués dans son *Voyage au Mont-Perdu* (p. 241); Blum a décrit leur pseudomorphose en produits micacés (*Pseudomorph.* I. *Nacht.* 1847. 171).

Charpentier les indique dans les mêmes schistes des gorges du port de la Pez (ou Lapez) en gros cristaux très fragiles.

Les autres gisements à citer appartiennent au type Huelgoat : Couplan et Artégus, près du lac d'Ordon (vallée d'Aure) (fig. 1 à 4); massif du Pic d'Arbizon, de Montaigu; massif du Pic du Midi; val de Pragnères (fig. 5), vallée d'Azun (sur la route d'Argelès aux Eaux-Bonnes), etc.

Dans tous ces gisements, il existe une grande variété dans la cristallinité des schistes paléozoïques riches en andalousite; cette cristallinité est, comme toujours, en relation avec leur distance plus ou moins grande du granite.

Aux Chalets Saint-Nérée (vallée de Ferrère, dans la Haute-Barousse), j'ai décrit (*B. S. M.* XV. 58, 1889) des leptynolites du *type Moulin-Vieux*, riches en quartz, à inclusions charbonneuses et contenant de longs cristaux blancs (3 cent. de longueur) formés par les groupements à axes parallèles d'andalousite et de sillimanite représentés par la figure 21.

Haute-Garonne. On peut citer comme principaux gisements (*type Huelgoat*) : le Mail de Soulan (M. Gourdon); Esquierry et les granges d'Astos (vallée d'Astos d'Oo, tributaire de la vallée de l'Arboust); Campsaure; Port de la Glère, vallée du port de Venasque, et dans le Val d'Aran [Espagne], d'après M. Gourdon, à Las Bordes, Bénos. De grands cristaux de 1^{cm} de diamètre (*type Sainte-Brigitte*) ont été trouvés dans les schistes carburés à l'Esponne et à l'Hospice de Luchon.

Ariège. M. Caralp m'a signalé de l'andalousite dans les schistes carburés siluriens, au nord des mines de Sentien.

J'ai observé de beaux cristaux de ce minéral (*type Huelgoat*) au contact du granite et des schistes paléozoïques du fond de la vallée d'Aulus, et particulièrement à la mine des Argentières et sur les flancs est et ouest de la crête aboutissant au port de Saleix. Ces schistes alternent avec des calcaires chargés de grenat, d'idocrase, de wollastonite, etc.

Pyrénées-Orientales. Les granites des Pyrénées-Orientales sont entourés d'une auréole métamorphique dans laquelle M. Deperet m'a indiqué l'andalousite (*type Huelgoat*).

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* M. Michel Lévy a signalé des schistes maclifères aux environs d'Aydat, à Laschamp, au Puy Chopine, au Moulin Fanchon (*B. S. G.* 1891. 917).

Rhône. Fournet (in Drian, 253) a indiqué l'existence de schistes

maclifères au Puy-d'Ajoux, près Chénelette. M. Michel Lévy les a retrouvés à l'est de l'auberge des Plats, près Monsols, et à la montagne de Charouze. Le même savant a trouvé (*B. S. M.* XV. 1892) des rosettes d'andalousite rose dans un tuf porphyrique de l'âge du *Culm* du mont Tournissou, près de la montagne de Thyon, aux environs de Beaujeu.

Saône-et-Loire et Nièvre. Dans le Morvan, le même auteur a décrit (*B. S. G.* IX. 191. 1881) des schistes à andalousite dans une bande paléozoïque que l'on peut recouper de Saint-Honoré à Luzy (Nièvre). On y observe les schistes maclifères (*type Huelgoat*) sur plus de 20 kilom., jusqu'au sud de Mont, près Bourbon-Lancy (Saône-et-Loire). A la Theugne, sur le versant oriental de Mont, l'andalousite est transformée en une substance colloïde jaune. A la sortie sud-est de Cressy-sur-Somme, ces schistes se chargent d'amphibole au contact de porphyrites micacées. Au Moulin-Petit, ils contiennent de la belle andalousite dentelliforme, et au contact de filons de granulite, de la tourmaline et de la muscovite.

[**Alsace**]. — Les travaux de M. Rosenbusch (*Steiger Schiefer*, Strassburg, 1877) ont rendu célèbres les environs de Barr-Andlau et de Hohwald, dans lesquels ce savant a décrit de très intéressants phénomènes de contact du granite et des schistes paléozoïques (andalousite, *type Huelgoat*).

Algérie. — *Oran.* M. Bleicher a signalé (*B. S. G.* 8e série, VIII. 303. 1881) de l'andalousite (*type Huelgoat*) dans des schistes métamorphiques d'Aïn Kebira et de Nedroma, au sud de Nemours.

Constantine. M. Renou a décrit (*Exploration de l'Algérie.* Paris, 1848. 58) et analysé des cristaux d'andalousite provenant des environs de Bône. D'après un échantillon isolé que j'ai vu au Museum, ce minéral se rapporte au type de Sainte-Brigitte.

NOTA

De Charpentier et après lui divers auteurs ont signalé l'existence d'andalousite (*chiastolite*) dans des calcaires de plusieurs points des Pyrénées (vallée de Pragnères, vallée de Larboust, Montagne de Colas, au nord de Portet, vallée de Ger, etc.); j'ai pu m'assurer que le minéral en question était non pas de l'andalousite, mais de l'amphibole ou du dipyre noir, suivant les points considérés.

L'andalousite en petits grains roulés se rencontre au milieu des sables des régions dans lesquels ce minéral existe en place.

SILLIMANITE

(FIBROLITE)

$Al^2 Si O^5$

Orthorhombique : $mm = 111°$ environ (Dx.)

$[a : b : c = 0{,}68728 : 1 : ?]$

Formes observées. m (110), h^1 (100).

M. des Cloizeaux a signalé dans ce minéral un prisme g^5 (230) avec $g^5 g^5 = 91° 45'$. M. Groth a proposé de le prendre pour m (110) ; les paramètres $a : b = 0.970 : 1$ deviendraient alors très voisins de ceux de l'andalousite.

$$\left[\begin{array}{l} mm = 110° \text{ (Dx.)} \\ mh^1 = 145° 30' \end{array}\right.$$

Faciès des cristaux. Les cristaux sont très rares dans les gisements français, ils sont toujours très allongés suivant l'axe vertical, et ne sont jamais terminés ; les faces du prisme sont fortement cannelées parallèlement à leur intersection mutuelle.

La sillimanite se présente avec deux faciès : 1° sous forme de longues aiguilles rectilignes ; 2° sous forme de très fines aiguilles entrelacées, donnant naissance à des masses à texture extrêmement compacte, considérées autrefois comme un minéral spécial et désignées sous le nom de *fibrolite*. M. des Cloizeaux a montré depuis longtemps l'identité de la fibrolite et de la sillimanite.

Fig. 1. Fig. 2.
Coupes minces de sillimanite (50 diamètres).
Fig. 1. Sections allongées sans clivages [h^1 (100)] ou avec clivages [g^1 (010)]. Sections transversales p (001) avec la trace du clivage facile. — Fig. 2. Aiguilles enchevêtrées de sillimanite (fibrolite).

Les figures 1 et 2 montrent l'aspect que prennent en lames minces ces deux manières d'être du même minéral. Les aiguilles constituant la fibrolite sont extrêmement grêles et forment un tissu des plus serrés, qui explique bien la tenacité de cette substance.

Déformations mécaniques. Les cristaux nets sont très souvent courbés, brisés et recimentés par le quartz ou le feldspath qui les englobe. (Cambo, Basses-Pyrénées.)

Clivages. Clivage h^1 (100) très facile. Cassures transversales fréquentes. Cassure inégale.

Dureté. 6 à 7.

Densité. 3.17 à 3,24. Les cristaux de Cambo possèdent une densité de 3,23. M. Damour (*op. cit.*) a donné les nombres suivants pour la fibrolite, taillée en haches (préhistoriques) : Penestin 3.210 ; Questembert (Morbihan), 3.208 ; Châteaudun (Eure-et-Loir), 3.182 ; Belle-Isle-sur-Mer (Morbihan), 3.180 ; Roche-Cardon (Rhône), 3.179 [ces gisements sont ceux dans lesquels ont été recueillies les haches en question].

Coloration. — La sillimanite pure est blanche, jaunâtre ou verdâtre ; les variétés brunes sont généralement colorées par des lamelles de biotite enserrées par les aiguilles du minéral qui nous occupe. — Éclat nacré et presque adamantin sur les surfaces de clivage. Vitreux. La sillimanite est toujours transparente en lames minces.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë positive, parallèle à l'axe vertical.

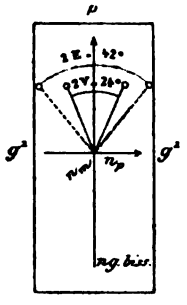


Fig. 3.
Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100).

Les indices mesurés par le procédé de la réflexion totale sont les suivants (pour la lumière du sodium) :

	Moulin Vieux.
n_g =	1.680
n_m =	1.661
n_p =	1.659

et la biréfringence maximum :

$$n_g - n_g = 0{,}021$$

L'angle des axes est variable avec les échantillons. Les valeurs suivantes ont été observées pour la lumière du sodium :

	Moulin-Vieux (Lx.)	Cambo (Lx.)	Mt-Pilat (Ml. et Termier)	Pontgibaud (Dx.)
2 **E** =	44°	58°	34°	35° à 40°
d'où 2 **V** =	26°	33°	20°	lumière blanche 20° à 24°

Polychroïsme. Les variétés colorées qui montrent des traces de

polychroïsme le doivent généralement à de fines inclusions micacées. — La sillimanite de tous nos gisements est normalement incolore en lames minces.

Groupements réguliers d'andalousite et de sillimanite. J'ai signalé déjà page 29 ces groupements réguliers représentés par les figures 9 et 21 (page 42).

Composition chimique.

Analyses :

a) Des cristaux de Cambo après traitement à l'acide fluorhydrique et purification par les liqueurs denses (Lx).

b) De fragments de haches en fibrolite de Brioude (Haute-Loire).

c) Id. du dolmen de Mané-er-H'roch (Morbihan), toutes deux par M. Damour (*C. R.* LXI. 313 et 357. 1867 et *Revue archéologique*, 1865).

	a)	*b*)	*c*)
SiO^2.....	37.15	37.18	37.10
Al^2O^3.....	62.72	61.17	61.03
Fe^2O^3.....	»	0.70	0.71
Perte au feu.	»	1.06	1.20
	99.87	100.11	100.04

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau ; la sillimanite présente avec le nitrate de cobalt les mêmes réactions que l'andalousite. Inattaquable par tous les acides.

Altérations. La sillimanite ne m'a jamais montré aucun produit d'altération.

Dans les fragments de roches anciennes à sillimanite englobées par les roches volcaniques du Plateau central, on voit souvent, au microscope, ce minéral se charger d'inclusions vitreuses et parfois d'octaèdres de spinelle. Ces derniers semblent dus à la transformation de la biotite qui accompagne la sillimanite.

Dans des enclaves de gneiss des phonolites de Valette (Cantal), j'ai observé des traînées de sillimanite interrompues par des chapelets d'octaèdres violacés de spinelle qui paraissent s'être formés à ses dépens.

Diagnostic. — Quand la sillimanite est en cristaux, son clivage unique à éclat nacré, parallèle au plan des axes et présentant en lumière polarisée parallèle une extinction longitudinale permettent aisément de la distinguer du disthène.

La variété *fibrolite* extrêmement tenace se distingue par son infusibilité au chalumeau et par sa densité des amphiboles blanches, du jade, avec lesquels on la confondait autrefois.

En *lames minces*, la forte réfringence, la biréfringence maximum, le signe positif des cristaux à extinction parallèle à leur allongement et à la trace du clivage, la forme des sections transversales dans lesquelles le clivage facile, largement ouvert, est bissecteur de l'angle aigu (69°) des faces prismatiques (fig. 1), leurs propriétés optiques (elles sont perpendiculaires à la bissectrice positive et presque éteintes en lumière polarisée parallèle à cause du faible écartement des axes), assurent rapidement le diagnostic.

Les enchevêtrements de fines aiguilles de *fibrolite* sont également caractéristiques (fig. 2); on peut y distinguer quelques-uns des caractères énoncés plus haut.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Nous aurons à étudier la sillimanite dans les trois conditions suivantes :

1° Dans la granulite ou dans les gneiss et micaschistes, où elle se développe sous l'action de la première de ces roches; c'est là le gisement principal de la sillimanite;

2° Dans les roches sédimentaires modifiées par le granite;

3° Dans les fragments de gneiss ou de granite enclavés par les roches volcaniques, et modifiés par elles. Ce mode de gisement n'est cité que pour mémoire.

1° *Dans les granulites, les gneiss et les micaschistes granulitisés.*

Les beaux cristaux de sillimanite sont très rares, et ne se rencontrent que dans les granulites; la variété la plus commune est celle que l'on désigne sous le nom de *fibrolite*; elle se trouve dans les gneiss granulitiques, où elle forme souvent des lits assez épais pour avoir fourni la matière des haches de l'époque de la pierre polie, que l'on rencontre en si grande abondance sur de nombreux points de la France.

C'est M. Michel Lévy qui a montré (*B. S. G.* 1879. 110 et *B. S. M.* III. 30. 1880), à l'aide d'exemples pris particulièrement dans le Morvan, les relations de cause à effet existant entre la granulite éruptive et le développement de la sillimanite des gneiss granulitiques. Les observations plus récentes ont fait voir la généralité de ce fait.

La sillimanite est fréquemment accompagnée de biotite et de muscovite, de tourmaline et de grenat; elle manque rarement dans les gneiss et granulites à cordiérite. Elle est un des satellites les plus constants de ce dernier minéral.

La sillimanite étant abondante partout où il y a des gneiss granulitiques, je me contenterai de signaler les gisements qui, à ma connaissance, sont les plus typiques à cet égard.

Bretagne. — *Ille-et-Vilaine*. On la trouve dans les gneiss granulitiques de Saint-Énogat.

Finistère. Dans les micaschistes granulitisés de la bande de Saint-Pol-de-Léon à Plougoulin, Plouzévédé, la sillimanite se rencontre sous forme de *fibrolite* (M. Barrois).

Morbihan. C'est aussi sous forme de *fibrolite* qu'on la trouve dans les micaschistes granulitisés, et les granulites qui les percent dans les falaises du Morbihan. M. de Limur l'a signalée notamment (p. 49, *op. cit.*, et *B. S. M.* V. 72. 1882) avec graphite et grenat dans la baie de Penboc'h (golfe du Morbihan), à la pointe de Kerino, près Vannes; aux environs de Kentré, près Auray, etc. Dans les schistes micacés granulitisés du précambrien de Plouay à Lanvaudan.

Loire-Inférieure. La sillimanite a été signalée par M. Baret dans les gneiss granutilisés de Couëron (*B. S. M.* IV 253), dans ceux des environs de Saint-Nazaire, et particulièrement à Ville-ès-Martin. Dans ce dernier gisement, la sillimanite forme de petites masses fibreuses marbrées de brun, grâce à des lamelles de biotite, interposées entre les aiguilles de sillimanite.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. Le plus beau gisement de sillimanite que je connaisse est celui que j'ai découvert en 1890 à Cambo. Les travaux de percement du second tunnel du chemin de fer, passant au dessous de ce village, ont nécessité l'extraction d'une très grande masse de gneiss acides, de cipolins, de gneiss à pyroxène et de granulite. Dans les fentes du quartz, j'ai trouvé de superbes cristaux de zéolites qui seront décrits plus loin.

Une pegmatite à oligoclase, riche en quartz, m'a fourni une très grande quantité de sillimanite, accompagnée de très gros cristaux de cordiérite et de groupements (à forme de pegmatite graphique) de cordiérite et de quartz, de tourmaline et de quartz.

La sillimanite forme des cristaux très allongés suivant l'axe vertical

et dépassant parfois 10 cent. : le fragment du plus gros cristal que j'ai observé et qui m'a servi à déterminer les propriétés optiques avait 4 cent. de longueur sur 8 mm. d'épaisseur. J'ai brisé une quantité considérable de roche, espérant trouver des cristaux présentant des faces terminales; mes recherches n'ont pas été, à cet égard, couronnées de succès.

Les cristaux montrent les faces m (110) dominantes, et h^1 (100) très réduites (fig. 4). Quand on essaie de les détacher du quartz, le clivage nacré h^1 se produit avec grande facilité.

La pegmatite a subi des actions mécaniques puissantes, et les cristaux de sillimanite sont souvent brisés et ressoudés par le quartz, comme cela a lieu si souvent pour la tourmaline de ces mêmes roches.

Très fréquemment, dans un même bloc de quartz, les cristaux de sillimanite se présentent extrêmement nombreux et orientés dans la même direction; ils donnent au quartz un aspect laiteux et une texture fibreuse très curieuse. Quand on taille une lame mince dans ce quartz, on constate que la sillimanite y est beaucoup moins abondante que ne le faisait supposer l'examen macroscopique.

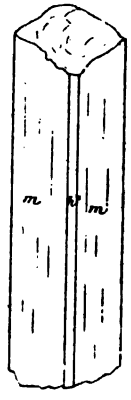


Fig. 4.
Sillimanite de Cambo.

Hautes-Pyrénées. M. Frossard me l'a signalée dans les granulites de la vallée de Lesponne (massif du Pic du Midi de Bigorre).

Ariège. La sillimanite est peu fréquente dans l'Ariège. M. Caralp me l'a indiquée dans les pegmatites, à l'est de Castillon; dans les gneiss granulitiques, sur le chemin de Sentenac, au col de la Quorre, et dans ceux de la vallée de Bethmale.

Je l'ai rencontrée, mais généralement comme élément microscopique, dans les filons ou les bancs de granulites à cordiérite des schistes cristallins des massifs du pic Saint-Barthélemy et du pic des Trois-Seigneurs.

Dans cette dernière région, j'ai découvert, l'an dernier, un gisement intéressant de sillimanite. Sur la crête la plus méridionale du pic de Fontanette, dominant le port de Suc, se trouvent des micaschistes très granulitisés qui, sur plusieurs centaines de mètres, sont presque exclusivement constitués par de la sillimanite et des micas.

La sillimanite forme aux surfaces exposées à l'air de grandes baguettes fibreuses d'un blanc nacré, que l'on pourrait, au premier abord, prendre pour de la trémolite; elles sont décapées par les actions atmosphériques

et débarrassées de la biotite qui les empâte dans la roche schisteuse. L'examen microscopique fait voir que cette roche possède une structure curieuse. Elle est formée par de la sillimanite en longs cristaux groupés à axes parallèles ou par de petites aiguilles enchevêtrées (fibrolite) et englobées par de grandes lames (à formes géométriques) de muscovite. La biotite moule les deux minéraux précédents.

Montagne Noire. — *Tarn.* M. Bergeron m'a signalé de petites masses ovoïdes de sillimanite (fibrolite), entourées de biotite dans les leptynolites des Gorges d'Héric ; le même minéral est abondant dans les gneiss granulitiques de la Montagne-Noire.

Plateau Central. — Il serait oiseux de vouloir citer tous les gisements de sillimanite du Plateau Central ; ce minéral existe partout où se trouvent des gneiss granulitiques. Je citerai seulement quelques gisements comme type. Je rappellerai que, dans tout le plateau Central, les haches de fibrolite sont très abondantes, et ont été, selon toute vraisemblance, fabriquées sur place : elles ont été désignées comme *jade* par les anciens auteurs.

Haute-Loire. Les galets de sillimanite (*fibrolite*) sont très abondants dans les lits de l'Allier et de la Loire ; on y rencontre parfois associés de l'andalousite et du corindon bleu (Bertrand de Lom). — Les gneiss de l'arrondissement de Brioude renferment fréquemment des lits assez épais de fibrolite. M. Brihat m'a signalé, notamment, à ce point de vue, le gneiss grenatifère de Berbezit.

Les granulites à cordiérite du Velay, et en particulier les blocs que l'on trouve en enclaves dans les tufs et projections basaltiques des environs du Puy, à la Denise, aux rochers Saint-Michel et Corneille, au Croustet, à Cheyrac, à Polignac, etc., contiennent fréquemment de la sillimanite. Ce minéral, associé à de la belle cordiérite bleue, à du grenat, etc., ne s'y rencontre pas exclusivement à l'état de fibrolite. Au Rocher Saint-Michel, j'en ai recueilli de belles lames nacrées ayant 2 cent. de longueur sur 3^{mm} de largeur. C'est certainement à ce minéral qu'il faut rapporter le disthène signalé par Pascal dans les mêmes gisements.

La sillimanite étant infusible et réfractaire à l'action des magmas volcaniques, se rencontre quelquefois avec zircon, corindon, dans les laves basaltiques de la Haute-Loire, où elle constitue les derniers restes d'enclaves de granulite ou de gneiss résorbés.

M. Boule a rencontré la sillimanite dans les gneiss grenatifères très granulitisés des environs d'Alleyras, dans la haute vallée de l'Allier. Elle y tapisse les fissures de la roche.

Cantal. La sillimanite est très abondante dans les gneiss granulitiques de cette région, où M. Fouqué l'a notamment observée dans la vallée de l'Allagnon et dans la vallée de Blesle qui y aboutit.

J'ai recueilli dans les trachytes domitiques des environs du Lioran et de Menet des enclaves de gneiss granulitique à cordiérite, andalousite et sillimanite présentant d'intéressants phénomènes de métamorphisme. La sillimanite y est intacte. Il en est de même dans des enclaves du même genre des phonolites de Valette. Dans ce dernier gisement, une partie de la sillimanite est transformée en spinelle. Elle semble aussi y prendre naissance par transformation de la biotite.

Corrèze. On la trouve particulièrement dans les gneiss des vallées du Chavanon et de la Clidane.

Haute-Vienne. Elle est très abondante en petits bancs, constitués par des fibres grêles, dans la carrière de Cluzeau, près Limoges ; elle doit parfois sa coloration brune à des enchevêtrements de lamelles de biotite.

Puy-de-Dôme. Aux environs de Pontgibaud, et notamment à Saint-Ours, la fibrolite a été trouvée en grandes masses, désignées par Lecoq sous le nom d'asbeste, de trémolite, de grammatite fibreuse. Elle a été étudiée par M. des Cloizeaux (*B. S. M.* IV, 258. 1881).

Aux environs d'Issoire, les galets de fibrolite sont extrêmement abondants. Bravard, dans sa monographie de la montagne de Perrier, les signale au ravin des Estouaires sous le nom de jade gris. Les fragments varient de 350 à 400 gr. Suivant M. Gonnard, ils atteignent parfois 1 kilog. (*B. S. M.* VI. 299. 1883). D'après M. Michel Lévy, ces blocs de fibrolite proviendraient de la vallée de l'Allagnon. On trouve le même minéral en place dans les gneiss à cordiérite de Cros, etc.

Ardèche. Dans les gneiss de Saint-Félicien, on rencontre de petits lits de fibrolite, qui m'ont été signalés par le frère Euthyme.

Loire. La sillimanite se rencontre dans les micaschistes granulitiques des environs de Rive-de-Gier, dans les gneiss anciens du massif du Pilat (Croix-de-Montvieux), avec grenat. C'est dans cette même région, à la Chuperie, que MM. Michel Lévy et Termier ont trouvé les groupements réguliers d'andalousite et de sillimanite décrits plus haut.

M. Termier l'a indiqué à Pont-Salomon, dans la tranchée de la gare, au milieu de blocs de gneiss à cordiérite pincés dans le granite.

Rhône. Elle est très abondante dans les gneiss granulitiques du Lyonnais, et notamment aux environs de Rochecardon, à Brignais, Pierre-Scize, etc.

Saône-et-Loire. Dans les notes rappelées plus haut, M. Michel Lévy a fait remarquer l'abondance de la sillimanite dans les gneiss granulitiques du Morvan et partout dans la région située entre le parc de Montjeu et Marmagne (vieille route de Marmagne à Autun, entre Marmagne et la Croix-Blanchot), ainsi qu'aux environs du Mont Saint-Vincent, et surtout près du vieux moulin de Marigny, etc.

Vosges. — Le Dr Carrière a signalé (*Bull. Soc. philom.* Épinal, 1889) ce minéral dans les gneiss de Lièpvre, de Saint-Hippolyte.

Maures. — *Var.* La sillimanite se rencontre dans les micaschistes granutilisés, et notamment aux environs de la Verne.

2° *Dans schistes ou grès paléozoïques au contact du granite.*

Bretagne. — La sillimanite se rencontre abondamment développée dans les schistes et les grès paléozoïques de Bretagne, au contact du granite aussi bien que de la granulite.

Elle est généralement microscopique, formant des houppes de petites aiguilles parfois très élégantes, au milieu du quartz des grès transformés en quarztite, comme dans la figure 5, représentant un échantillon de Rostrenen (Côtes-du-Nord) que m'a remis M. Barrois.

Fig. 5.
Sillimanite en fibres dans grès de Rostrenen transformé en quartzite au contact du granite.

On la trouve aussi en abondance dans les schistes micacés à andalousite, du type Moulin-Vieux (leptynolite) ; elle s'y présente généralement à l'état de fibrolite, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'on la rencontre en cristaux macroscopiques.

A ce point de vue, il y a lieu de signaler le gisement du Moulin-Vieux, près Morlaix, dans lequel j'ai déjà signalé plus haut les groupements réguliers à axes parallèles d'andalousite et de sillimanite (p. 42, fig. 21).

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. C'est à ce genre de gisement que doivent être rapportés les groupements à axes parallèles d'andalousite et de sillimanite décrits également plus haut, dans les grès modifiés des Chalets Saint-Nérée (vallée de la Barousse).

3° *Sillimanite formée dans les roches gneissiques ou granitiques enclavées dans des roches volcaniques.*

Plateau Central. — J'ai observé la formation assez fréquente de la sillimanite au dépens de la biotite des blocs de gneiss ou de granulite englobés par les basaltes, trachytes, andésites ou phonolites du Plateau Central.

La sillimanite ainsi formée se présente toujours en fibres microscopiques.

On la rencontre aussi en abondance dans les gneiss à cordiérite, etc., enclavés dans les trachytes du Mont-Dore (Capucin et Pailloux) dans les phonolites du Cantal (Valette), etc. Elle constitue un des éléments anciens de ces roches ; je l'ai, à ce titre, déjà signalée plus haut.

TOPAZE

$$\begin{cases} Al^5\,Si\,O^5 \\ Al^2\,Si\,F^{10} \end{cases}$$

Orthorhombique hémimorphe : $mm = 124°\ 17'$ (Kokscharoff)

$b : h = 1000 : 843{,}393.\ D = 884{,}105.\ d = 467{,}287$

$[a : b : c = 0{,}52854 : 1 : 0{,}95395]$

Formes observées. m (110); g^1 (010), $g^{5/3}$ (140), g^2 (120), $g^{7/3}$ (250), $g^{8/3}$ (5.11.0), g^3 (130), $g^{10/3}$ (7.13.0), g^5 (230), h^3 (210), $e^{1/2}$ (021) b^1 (112).

Les mesures données plus loin ont été prises par M. E. Bertrand (B) ou par moi-même sur de petits cristaux de Framont.

	Angles calculés	Angles mesurés
mm	124°17′	124°15′
mg^1	117°51′30″	
mh^3	135°52′	
mg^5	169°27′	169°26′
$mg^{10/3}$	163°23′	163°30′ (B)
mg^2	161°16′	161°19′
g^1g^2	136°35′	

	Angles calculés	Angles mesurés
g^3g^3 sur g^1	93°10′	93°8′
$mg^{8/3}$	158°35′	158°48′ à 51′ (B) 40′
$mg^{7/3}$	154°59′30″	155°2′
$g^3g^{7/3}$	173°42′	173°36′
mg^2	150°5′30″	150°11′
$mg^{5/2}$	143°10′30″	

	Angles calculés	Angles mesurés
$pe^{1/2}$	117°40′	
$e^{1/2}g^1$	152°20′	
$e^{1/2}e^{1/2}$ s. p	55°20′	55°29′
pb^1	134°25′	
mb^1	135°35′	
b^1b^1 sur p	88°50′	

Faciès des cristaux. Les cristaux de Framont dont nous avons seulement à nous occuper ici sont allongés suivant l'axe vertical et se rapportent au type de ceux de Schlaggenwald ; ils sont remarquables par les nombreuses faces de la zone verticale qu'ils présentent.

Les variétés dépourvues de faces cristallines forment des masses clivables (*pyrophysalite*).

Clivages. Clivage très facile suivant p (001) ; très difficile suivant a^1 (101) et e^1 (011).

Dureté. 8.

Densité. 3.4 à 3.6.

Coloration. Les cristaux de gisements que nous avons à étudier ici sont incolores, blancs ou jaunes. On sait que la topaze des gisements de l'Oural et du Brésil présente des colorations très variées : jaune, rouge, bleu, vert, incolore. Les variétés massives sont blanches et opaques. Les cristaux sont transparents.

Eclat vitreux. Poussière blanche.

Inclusions. La topaze renferme souvent des inclusions constituées par un liquide très réfringent (*Brewsterlinite*), facilement volatilisable à environ 29°, qu'on a longtemps considéré comme de l'acide carbonique liquide ; d'après les recherches récentes de M. A.-E. Nordenskjöld ce serait un carbure d'hydrogène. Il est souvent accompagné d'un autre liquide.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle g^1 (010). Bissectrice aiguë positive perpendiculaire au clivage facile p (001).

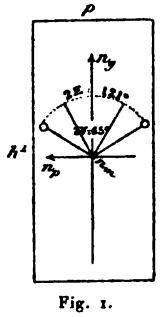


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

La biréfringence maximum est d'environ :

$$n_g - n_p = 0{,}010$$

M. Michel Lévy a observé dans une topaze de Montebras, autour d'inclusions de magnétite, une auréole à biréfringence plus grande comme cela a lieu dans les auréoles polychroïques de quelques minéraux colorés.

L'écartement des axes optiques est très variable avec les gisements et même dans les diverses parties d'un même cristal.

J'ai observé pour la lumière du sodium les valeurs suivantes sur les cristaux d'Ambazac et de Framont.

$$2\,\mathbf{E} = \begin{cases} 120^{\circ}\,48' \text{ (Ambazac).} \\ 111^{\circ} \quad \text{Framont (Bertrand)} \end{cases} \quad \text{d'où } 2\,\mathbf{V} = \begin{cases} 65^{\circ}\,14' \\ 60^{\circ}\,43' \end{cases}$$

Dispersion nette avec $\rho > v$.

Les anomalies optiques étudiées par M. Mallard l'ont conduit à considérer le réseau de la topaze comme étant réellement monoclinique.

Pléochroïsme. Les variétés très colorées possèdent parfois un pléochroïsme faible invisible en lames minces.

Propriétés électriques. Pyro et piézoélectrique.

Composition chimique. La formule chimique donnée plus haut représente la composition chimique de la topaze. Je n'ai pu recueillir dans aucun de nos gisements une quantité de matière suffisante pour en faire l'analyse.

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau. Par l'action d'une forte chaleur, s'écaille, dégage du fluorure de silicium, et devient blanc opaque; il se forme alors des aiguilles microscopiques de sillimanite (M. Vernadsky). Chauffée fortement dans un tube ouvert avec du sel de phosphore corrode le verre (fluor).

Inattaquable par les acides; cependant par une longue digestion dans l'acide sulfurique le minéral s'attaque partiellement.

Altérations. La topaze d'un grand nombre de gisements se transforme en kaolin ou en micas.

Diagnostic. Quand la topaze est cristallisée, son diagnostic est facile grâce à ses formes et à son clivage facile perpendiculaire à la bissectrice aiguë.

Les variétés massives (*pyrophysalite*) se distinguent des feldspaths avec lesquels on pourrait les confondre au premier abord, par leur grande densité qui fait tomber le minéral dans les liqueurs denses, par leur dureté plus grande et leur clivage unique dont les propriétés optiques viennent d'être rappelées.

GISEMENTS

Jusqu'à la découverte récente de la topaze dans les rhyolites américaines, ce minéral était considéré comme absolument caractéristique

des granulites, des filons stannifères et des roches schisteuses modifiées par eux. C'est dans ce dernier genre de gisement que nous avons à l'étudier ici.

Bretagne. — *Morbihan.* M. de Limur a signalé (*op. cit.*) l'existence de deux échantillons de topaze blanche cristallisée qui auraient été trouvés dans les filons stannifères de la Villeder. Je n'ai pas eu l'occasion de les étudier.

J'ai entre les mains un petit cristal isolé jaune pâle, transparent, qui m'a été donné comme provenant de ce gisement. Il présente le développement habituel des cristaux d'Altenberg avec m (110), g^5 (230), g^3 (120), e^1 (011), $e^{1/2}$ (021), b^1 (111), $b^{1/2}$ (112) et p (001) peu développée et arrondie comme toutes les autres faces du sommet. Je cite ce cristal pour mémoire, n'ayant qu'une médiocre confiance dans l'authencité de son gisement.

Je dois à l'obligeance de M. Barrois une granulite provenant de Kervalaun en Scaer (Finistère), et renfermant de la topaze comme élément microscopique. Elle possède la structure des granulites d'Ambazac qui vont être étudiées.

Plateau central. — *Puy-de-Dôme.* Je rappellerai pour mémoire que Devèze de Chabriol et Bouillet ont signalé de petits cristaux de topaze avec zircon, tourmaline, béryl dans les sables de Périer, et que Lecoq et Bouillet ont également annoncé (Gonnard, *op. cit.*, 80) que ce minéral accompagnait le quartz et l'amphibole dans les sables résultant de la décomposition des trachytes de la partie supérieure du ravin des Egravats (Mont-Dore). Ce dernier gisement serait remarquable s'il existe réellement. Il serait analogue aux gisements américains, mais les recherches plus récentes ne sont pas venues le confirmer. Il y a lieu d'appeler sur ce fait l'attention des minéralogistes qui visiteront le Mont-Dore.

Haute-Vienne. En 1889 j'ai eu l'occasion d'étudier les environs de Limoges où m'ont guidé MM. Bernard du Temple et Tardieu. J'ai trouvé un petit fragment de topaze (*pyrophysalite*) dans les granulites à lépidolite et cassitérite des carrières qui bordent la route à la Chèze, près Ambazac. Ces roches semblent former des accidents du massif granulitique qui perce les gneiss de cette région.

Elles sont généralement à gros grains, très quartzeuses ; le feldspath le plus abondant est l'albite qui est fréquemment aplatie suivant g^1 (010) et qui par son orientation donne à la roche (pauvre alors en mica)

un aspect phonolitique. Cette albite est moulée par de l'orthose, du quartz, de la lépidolite rose et enfin par des éléments plus rares : *cassitérite* et *topaze*. Il existe en outre un minéral en petits octaèdres quadratiques, riche en terres rares, qui sera étudié dans une autre partie de ce livre.

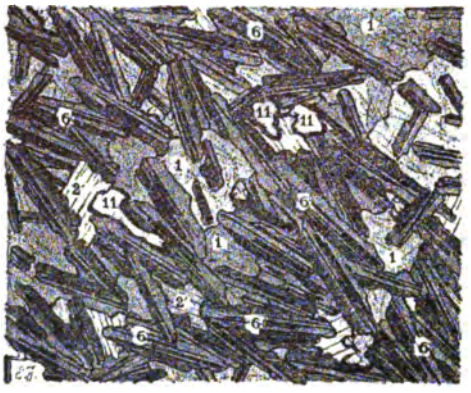


Fig. 2.
Granulite de la Chèze à structure pseudomicrolitique.
1, quartz — 2', lépidolite — 6, albite — 11, topaze.

L'aplatissement des feldspaths de cette roche lui donne en lames minces l'apparence d'une roche microlitique à structure plus ou moins fluidale (fig. 2), ou d'une roche ophitique (fig. 3) dans laquelle le quartz jouerait le rôle du pyroxène des ophites. Les figures 2 et 3 montrent ces variétés de structure, et font voir en même temps l'antériorité du feldspath par rapport à la topaze et à la cassitérite.

Fig. 3.
Granulite à structure pseudoophitique de la Chèze.
1, quartz — 2', lépidolite — 6, albite moulée par cassitérite c et 11, topaze.

Dans ces roches, la topaze forme de petites plages déchiquetées,

creusées de cavités ; elle ne dépasse guère $0^{mm}5$. Le seul échantillon macroscopique que j'ai trouvé et auquel j'ai fait allusion plus haut est blanc jaunâtre ; il présente l'aspect de la pyrophysalite de Fimbo. Il est probable que des recherches dirigées dans ce sens permettraient de retrouver la topaze dans toutes les roches analogues de la région.

Ces mêmes carrières de la Chèze renferment des pseudomorphoses blanches, rosées ou roses, à structure fibreuse. Il ne reste plus rien du minéral primordial qui était peut-être constitué par de l'orthose ou par de la topaze.

Creuse. M. Michel Lévy a trouvé la topaze comme élément microscopique d'une granulite provenant du gisement de cassitérite de Montebras.

Framont. M. E. Bertrand a découvert de très jolis cristaux de topaze sur un échantillon de phénacite de Framont, et les a brièvement décrits en 1877 (*Z. K.* I. 297). Je dois à l'obligeance de ce savant la communication de son échantillon. Les cristaux terminés par les deux sommets sont implantés avec de nombreux cristaux de phénacite sur la gangue de quartz et de limonite si caractéristique de ce gisement.

Les cristaux atteignent 4^{mm} suivant l'axe vertical, direction de leur allongement, et possèdent leurs deux sommets. Ils présentent le développement des cristaux de Schlaggenvald, décrits par M. Groth.

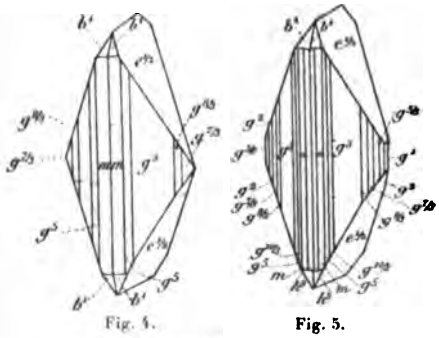


Fig. 4. Fig. 5.

Topaze de Framont.

Les faces $e^{1/2}$ (021) sont très développées ; g^1 (010) est réduit à une très petite facette ou manque souvent ; les autres formes de la zone verticale sont très nombreuses et nettes. Toutes les faces énumérées plus haut existent sur ces cristaux ; je ne crois pas utile de les répéter ici.

Ces cristaux sont incolores ; la teinte foncée présentée par quelques-uns d'entre eux est due à des infiltrations ferrugineuses.

Ce minéral constitue à Framont une très grande rareté, et l'échantillon étudié est unique jusqu'à présent.

DISTHÈNE

$Al^2 Si O^5$

Triclinique : $mt = 97° 17'$ (M. Bauer).

$b : c : h = 1000 : 529{,}695 : 457{,}944$. $D = 657{,}238$. $d = 590{,}936$

$$\left[\begin{array}{ccc} a : b : c = 0{,}89912 : 1 : 0{,}69677 \text{ (M. Bauer)} & & \\ xy = 106° \ 1' & yz = 90° \ 23' & zx = 100° \ 18' \\ Z = 106° \ 21' & X = 93° \ 24' & Y = 100° \ 50' \end{array}\right]$$

Formes observées. p (001), m (110), t ($1\bar{1}0$), h^1 (100), g^1 (010).

Macles. Les cristaux de disthène présentent fréquemment les macles suivantes avec la face h^1 (100) pour plan d'assemblage :

1° Axe de rotation perpendiculaire à h^1 (100).

Les faces p (001) et g^1 (010) des deux individus forment des angles rentrants (fig. 1.) [Cette figure, ainsi que les deux suivantes, est empruntée à M. Bauer (*Z. d. G.* XXX. 295. 1878)].

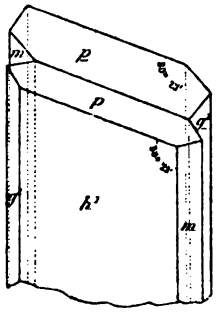


Fig. 1.
Macle h^1 (100) avec axe de rotation perpendiculaire.

2° Axe de rotation parallèle à l'arète $p\ h^1$ (001) (100).

Les faces p (001) des deux cristaux sont sur le prolongement l'une de l'autre ; les faces g^1 (010) font un angle rentrant ; les axes verticaux des deux individus font entre eux un angle de 0° 46′ (fig. 2).

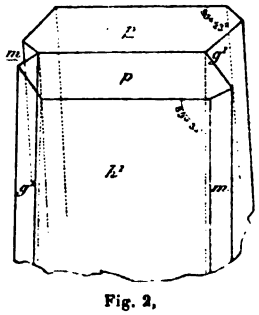


Fig. 2.
Macle h^1 (100) avec axe de rotation parallèle à l'arète $p\ h^1$ (001) (100).

3° Axe de rotation parallèle à l'arète $h^1 g^1$ (100) (010).

Les faces p (001) des deux composants font un angle rentrant, les faces g^1 (010) sont sur le même plan (fig. 3).

La première de ces macles est la plus commune. (Voir plus loin le moyen de reconnaître ces macles par les propriétés optiques).

M. Mallard considère le disthène comme possédant un réseau pseudorhombique dont les trois axes (pseudobi-

naires) sont précisément les trois axes d'hémitropie qui viennent d'être énumérés.

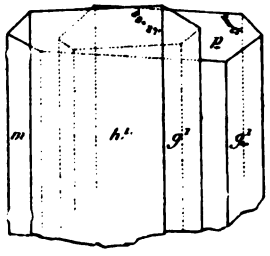


Fig. 3.
Macle h^1 (100) avec axe de rotation parallèle à l'arête $h^1 g^1$ (100) (010).

Il existe aussi une macle en croix très rare suivant $(\bar{1}21)$, dans laquelle les deux individus font entre eux un angle voisin de 60° (58° 40′ d'après M. Bauer).

Enfin les cristaux d'un très grand nombre de gisements présentent des macles secondaires suivant p (001), et plus rarement suivant $a^{8/3}$ $(\bar{3}08)$. La fig. 4, empruntée à vom Rath (*Z. K.* III. 8), montre la forme affectée par ces macles. Elles se manifestent par des angles rentrants très nombreux sur les faces de la zone verticale, et sont généralement accompagnées de plans de séparation.

Les macles suivant p (001) s'observent souvent sur les cristaux bretons; dans quelques gisements, les angles rentrants sont fort nets sur la face h^1 (100). L'examen des propriétés optiques fait voir combien ces macles sont polysynthétiques et en relation évidente avec les déformations subies par le minéral.

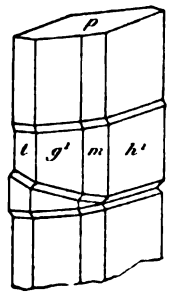


Fig. 4.
Macle suivant p (001) et $a^{8/3}$ $(\bar{3}08)$.

Quant à la macle suivant $a^{8/3}$ $(\bar{3}08)$, je ne l'ai observée que rarement, associée à la première et n'existant que d'une façon sporadique.

M. des Cloizeaux a adopté dans son Manuel une forme primitive différente de celle que j'emploie ici. La correspondance des deux systèmes est la suivante : p (001) (Lx.) correspond à p (001) (Dx.) — h^1 (100) (Lx.) à m $(1\bar{1}0)$ (Dx.) — g^1 (010) (Lx.) à t (110) (Dx.)

	angles calculés		angles calculés
$m\ t$	97° 17′	$p\ h^1$	100° 50′
$h^1\ g^1$....	106° 21′	$p\ g^1$	93° 24′
$m\ h$	131° 30′	$p\ m$	96° 52′
$h\ \ t$	145° 47′		

Faciès des cristaux. Les cristaux de disthène sont allongés suivant l'axe vertical, et aplatis suivant le clivage facile h^1 (100). Les traces des

macles et des plans de séparation suivant p (001) sont généralement très nombreuses. Les figures 1 à 4 montrent l'aspect présenté par les diverses macles. Dans un grand nombre de cas, ces dernières ne sont visibles que grâce aux propriétés optiques.

Déformations mécaniques. Le disthène est flexible, aussi présente-t-il plus qu'aucun autre minéral des phénomènes de torsion. Ses cristaux sont assez rarement unis, ils sont presque toujours gondolés, gauchis ; les plans de séparation et macles suivant la base et suivant $a^{8/3}$ ($\bar{3}08$) sont alors fréquents. On les constate facilement au microscope grâce aux nombreuses lamelles hémitropes qui souvent ne se correspondent pas dans les divers fragments d'un même cristal.

Dans le disthène ainsi modifié par action mécanique, les phénomènes de transformation étudiés plus loin sont généralement très intenses.

Clivages. Clivage très facile, lamellaire suivant h^1 (100), moins facile suivant g^1 (010), indistinct suivant i^1 ($0\bar{1}1$). Plans de séparation très fréquents suivant p (001), plus rares suivant $a^{8/3}$ ($\bar{3}08$).

Dureté. La dureté est très variable suivant les directions observées. Dans la face de clivage h^1 (100), la dureté est de 4 à 5 parallèlement à l'axe vertical, de 6 à 7 parallèlement à l'arête $p\,h^1$ (001) (100) ; sur g^1 (010), elle est d'environ 7 et plus grande sur m ($1\bar{1}0$). Le minéral est fragile et flexible.

Densité. 3.5 à 3.7.

Coloration. Le disthène est bleu (bleu de ciel à bleu saphir), incolore, blanc, jaune vert, brunâtre. La couleur bleue est toujours inégalement distribuée. Dans la face h^1 (100), on voit des bandes parallèles à l'axe vertical dans lesquelles la coloration est plus intense que dans la masse du cristal. Il n'est pas rare de trouver des cristaux incolores avec de petites facules bleues peu nombreuses, distribuées çà et là.

Dans plusieurs gisements bretons, on trouve du disthène rougeâtre. Son examen au microscope fait voir que cette couleur est due à un pigment ferrugineux distribué entre les clivages. Un traitement rapide par l'acide chlorhydrique est généralement suffisant pour le faire disparaître.

Eclat vitreux très vif sur le clivage g^1 (010), nacré sur le clivage h^1 (100). Transparent ou translucide. Poussière blanche.

Propriétés optiques. La bissectrice négative est perpendiculaire à h^1 (100). Dans h^1 (100), la trace du plan des axes optiques fait un angle d'environ 30° avec l'axe vertical dans l'angle aigu $p\,h^1$ (001) (100).

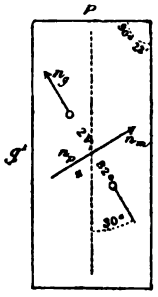


Fig. 5.

Face h^1 (100) perpendiculaire à la bissectrice aiguë n_p.

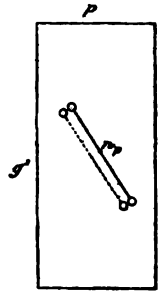


Fig. 6.

Lame de disthène parallèle à h^1 (100) montrant la disposition du plan des axes dans la macle suivant h^1 (100) avec axe de rotation perpendiculaire à h^1 (100).

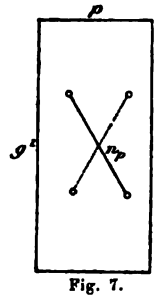


Fig. 7.

Lame de disthène parallèlle à h^1 (100) montrant la disposition du plan des axes dans les macles suivant h^1 (100) avec axe de rotation perpendiculaire à $p\,h^1$ (001) (100) ou $h^1\,g^1$ (100) (010).

Nous avons mesuré, M. Michel Lévy et moi, les indices de réfraction du disthène du Saint-Gothard par la méthode de la réflexion totale et trouvé les valeurs suivantes (Na).

$$n_g = 1.728$$
$$n_m = 1.720$$
$$n_g = 1.712$$

La biréfringence maximum est de :

$$n_g - n_p = 0.016$$

L'écartement des axes optiques du disthène des divers gisements français (lumière du sodium) oscille entre 82° et 84° (2 V).

La dispersion est très faible (trace de dispersion inclinée et tournante (Dx.).

L'examen optique permet de reconnaître facilement les trois macles suivant h^1 (100). Dans la première, l'orientation optique des deux composants est la même (fig. 6), tandis que dans la deuxième et la troisième les plans des axes des deux individus sont croisés (fig. 7). Il en résulte que, pour de semblables cristaux, il n'y a pas d'extinction, à moins que les deux composants aient la même épaisseur, auquel cas il y a compensation et la plaque reste constamment éteinte en lumière polarisée parallèle. En lumière polarisée convergente, on observe les phénomènes habituels aux croisements de lames perpendiculaires à une bissectrice.

Pléochroïsme. Le disthène est incolore en lames minces. Les cristaux examinés au microscope avec une épaisseur de $0^{mm}\,5$ à 1^{mm} présentent dans leurs parties colorées un pléochroïsme très net dans les teintes suivantes.

n_g = bleu cobalt foncé
n_m = bleu violacé
n_p = incolore

Composition chimique. Les deux analyses suivantes ont été faites sur des cristaux lavés avec soin aux acides fluorhydrique et chlorhydrique.

	a) Coet Lignez	*b*) Ile du Levant
SiO^2.....	37.32	37.21
Al^2O^3.....	62.81	62.86
	100.13	100.07

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, le disthène se décolore, puis blanchit et devient opaque. D'après les recherches récentes de M. Vernadski, il est alors transformé en un agrégat de petites aiguilles microscopiques de sillimanite. Toutes les autres réactions au chalumeau et avec les acides sont celles qui ont été décrites pour les autres silicates d'alumine (andalousite et sillimanite).

Altérations. Dans presque tous les gisements de disthène que nous aurons l'occasion de signaler, on peut observer des pseudomorphoses de ce minéral en produits micacés, analogues à celles de l'andalousite.

Le mica récent est généralement de la *damourite*. Tantôt la transformation se fait d'une façon quelconque, l'examen microscopique montre alors les débris du minéral corrodé, noyés dans des produits micacés (parfois accompagnés de chlorite) (fig. 8), tantôt au contraire la damourite se développe entre les clivages h^1 (100) du disthène. La pseudomorphose est facilement perceptible, grâce à la différence de dureté des deux minéraux.

Fig. 8.
Disthène (*p*) maclé suivant *p* (001) dans micaschiste de Fay. Il se transforme en damourite à sa périphérie.

Diagnostic. Les propriétés physiques du disthène sont tout à fait caractéristiques.

Au microscope, on le distingue grâce à ses clivages rectilignes et serrés, à sa réfringence élevée, à sa biréfringence faible et à son extinction à environ 30° de l'axe vertical dans la face d'aplatissement, parallèle au clivage le plus facile et perpendiculaire à la bissec-

trice aigue (les traces des plans de séparation suivant p (001) font dans cette face un angle de 90° environ avec l'axe vertical).

Le disthène tombe dans l'iodure de méthylène ; il est possible de l'isoler par l'emploi de l'acide fluorhydrique.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le disthène se trouve exclusivement dans les micaschistes et dans les glandules ou filons de quartz de pegmatite qui les injectent et les traversent. Il est généralement associé à l'andalousite, à la staurotide et au grenat.

Bretagne. — *Finistère*. M. Barrois m'a indiqué l'existence du disthène dans des filons de quartz et de pegmatites perçant les schistes dévoniens de la montagne d'Arrée, dans les environs de Roc Saint-André-en-Cloître. Les pseudomorphoses micacées sont très fréquentes dans les échantillons que j'ai examinés.

Morbihan. Dans le Morbihan, le disthène est abondant dans les filons de quartz des micaschistes à staurotide de la vallée de l'Evel. Les beaux échantillons qui se trouvent dans les collections (avec damourite) proviennent de la Haie Haute (le Hayo) en Baud, de Keroman en Plumelin, etc. Ils sont généralement indiqués comme provenant des environs de Pontivy.

On en rencontre aussi à Coet Lignez (au N.-E. de Baud), à Pluherlin, à Saint-Allouestre (dans les pegmatites à andalousite et tourmaline).

Dans ces divers gisements et particulièrement dans ceux des environs de Baud, le disthène forme parfois des masses énormes, constituées par des lames courbes ou tordues, imprégnées par la damourite ; elles sont bleu de diverses nuances, leur couleur est rarement homogène.

On a trouvé à Coet Lignez et à Keroman de petits cristaux nets, quelquefois transparents ; d'autres sont rouges et superficiellement opaques ; l'examen des lames de clivage montre que cette coloration est due à de l'hématite ayant pénétré entre les clivages. Ces cristaux sont parfois entourés d'une gaîne micacée qu'il est facile d'enlever avec un grattoir.

De petits cristaux de Coet Lignez m'ont présenté les faces h^1 (100), g^1 (010), p (001) dominantes, avec des traces de m ($1\bar{1}0$) et t (110) (fig. 9).

Dans tous les cristaux bretons, les macles suivant p (001) sont fréquentes et se manifestent souvent par des angles rentrants très nets sur les faces h^4 (100). M. de Limur m'en a donné un fort bel exemplaire provenant des environs de Baud. Quand on examine des lames minces taillées dans les grandes masses de disthène bleu de la même région, on constate que les cristaux sont souvent brisés en un grand nombre de fragments présentant des macles polysynthétiques suivant p quelquefois accompagnées de la macle suivant $(\bar{3}08)$. Dans chaque fragment, les bandes hémitropes sont indépendantes de celles des morceaux voisins. Il est facile de se rendre compte dans ces mêmes échantillons que la damourite s'est formée postérieurement aux déformations mécaniques du disthène.

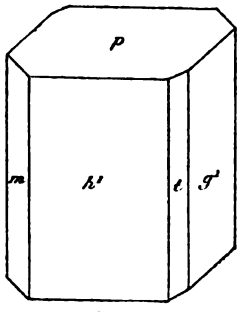


Fig. 9.
Disthène de Coet Lignez.

Loire-Inférieure. Dubuisson a indiqué (*Catal. de la Coll. min. de la Loire-Inférieure*. 1830. 57) le disthène dans les micaschistes du champ des Roussettes, au nord de Fay, et dans ceux de la Gagnerie de Brignon en Bouvron. J'ai pu étudier les échantillons de Dubuisson, grâce à une obligeante communication de M. L. Bureau, directeur du Museum de Nantes. J'ai décrit en outre (*Bull. Soc. nat. Ouest*. I. 89. 1891) ce minéral dans les *éclogites* des mêmes gisements.

Le disthène des micaschistes de Bouvron forme de larges lames bleues atteignant 6^{cm} de côté. M. Baret m'a remis de gros grenats qu'il a ramassés dans le même gisement ; ils sont littéralement lardés de petits cristaux incolores de disthène, riches en inclusions de rutile.

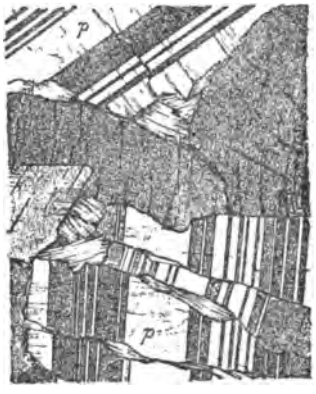


Fig. 10.
Lame mince du disthène de Fay montrant les macles suivant p (001). (Lumière polarisée parallèle).

Dans les micaschistes de Fay, le disthène présente des traces évidentes de déformations mécaniques puissantes ; il est en outre partiellement épigénisé en damourite, accompagnée de *clinochlore*. Les macles fréquemment polysynthétiques suivant p (001) s'arrêtent souvent à une cassure, preuve de leur postériorité aux actions mécaniques subies par la roche. Les inclusions de rutile sont fréquentes ; elles sont souvent

orientées parallèlement à l'axe vertical du disthène. J'y ai observé assez fréquemment la macle suivant $b^{1/3}$ (332).

Dans les éclogites de Bouvron, le disthène est accompagné de glaucophane, il ne présente pas de macles. Dans celles de Fay, le disthène en grandes plages irrégulières moule les baguettes de pyroxène, formant avec ce minéral des assemblages qui rappellent ceux de pyroxène et de feldspath dans les roches à structure ophitique. Dans ces deux gisements, le disthène est très riche en inclusions de rutile.

Plateau central. — *Haute-Loire.* Pascal (*op. cit.* 400) signale le disthène dans les roches granulitiques des produits de projections basaltiques de Taulhac, Cheyrac, de Saint-Anne et de plusieurs autres points des environs du Puy (Rochers Saint-Michel et Corneille, Croustet, Denise). Il me semble probable que cet auteur a pris pour du disthène la sillimanite abondante dans tous ces gisements.

Cantal. Je dois à l'obligeance de M. Rames de grandes lames de disthène atteignant 7 à 8^{cm} de plus grande dimension; elles sont bleuâtres avec facules bleu foncé et sont accompagnées de damourite blanche dans les veines quartzeuses des micaschistes à 500 mètres à l'ouest de Cors, hameau situé à 2 km. S.-O. de Saint-Cernin, sur le chemin de Saint-Illide.

Le même minéral se rencontre dans de semblables conditions aux environs de Dousques, entre les hameaux de Goueyze et de Peyre-Ficade.

Corrèze. Boubée a signalé (*Bull. des nouv. gisements des minér. en France*, p. 4) le disthène bleu dans le micaschiste des environs d'Uzerche (route de Tulle, en face de la borne n° 61).

D'après M. de Launay, le disthène accompagne le grenat dans les micaschistes au sud de la Bitraque, sur la route d'Argentat à Beaulieu, par la Chapelle-Saint-Geraud (*B. C. F.* n° 4. 12. 1889).

Loire. Grüner a décrit (*Descript. géol. de la Loire*, 1857) de grandes lames (atteignant 15^{cm}) de disthène bleu dans le quartz des micaschistes des environs de la Tour-en-Jarret; les échantillons que j'ai examinés sont en partie pseudomorphosés en damourite.

M. Termier a signalé le même minéral dans les lentilles de quartz des micaschistes à chlorite et séricite de la vallée du Dorlay, près Saint-Paul-en-Jarret, aux environs de Saint-Etienne et entre Saint-Chamond et le Mont-Pilat. Il existe également dans les galets de micaschiste de la brèche houillère de la Fouillouse.

Rhône. De Saussure dans un mémoire sur le disthène (*Analyse du sappare*, *J. P.* XXXIV. 213. 1789) dit que ce minéral se rencontre « dans le granite entremêlé de roche feuilletée (*gneiss granulitique*) qui se trouve dans la ville même de Lyon ». Ce gisement n'a pas été étudié depuis cette époque.

Isère. Sage signale (*J. P.* XXXV. 39. 1789) le disthène dans les micaschistes de Saint-Symphorien-d'Ozon, non loin de Lyon. Il le désigne sous le nom de *béryl feuilleté cristallisé en prismes tétraédriques.* « Ces cristaux sont, dit-il, feuilletés suivant leur longueur et réunis en faisceaux. »

Maures. — *Var.* Le disthène n'est pas rare dans les micaschistes à minéraux des Maures. Les gisements où il est abondant sont les mêmes que ceux qui ont été signalés à l'article staurotide.

Les pseudomorphoses en damourite sont fréquentes. Les beaux cristaux du même minéral doivent être cherchés dans les glandules de quartz de ces micaschistes. L'île du Levant mérite d'être spécialement citée à cet égard. Les cristaux, quand ils ont des formes nettes, présentent h^1 (100), g^1 (010) et p (001); ils sont parfois presque incolores avec une zone centrale bleu intense. Les déformations mécaniques par torsion et ploiement des cristaux y sont fréquentes. J'y ai observé les trois macles suivant h^1 (100), elles y sont peu communes. Assez rarement, le disthène est accompagné de grenat et d'andalousite dans de véritables pegmatites feldspathiques.

Algérie. — *Constantine.* M. Chaper a déposé à l'Ecole des Mines de belles lames bleues de disthène, engagées dans du quartz, qu'il a recueillies à l'Oued El Aueb (petit ruisseau coulant entre Mokhta El Hadid et le massif de l'Edough, à 32 km. de Bône). Le même minéral se rencontre non loin de là dans les micaschistes de Tebeïga.

Madagascar. — La collection géologique du Museum d'histoire naturelle renferme un bel échantillon de disthène, recueilli à Madagascar en 1890 par M. Catat. J'ai pu l'étudier grâce à une obligeante communication de M. Stanislas Meunier. Les cristaux atteignant 5^{cm} 5 de longueur sont blancs, à peine teintés çà et là de très petites taches bleu pâle. Ils sont très fortement translucides, presque transparents et possèdent un éclat extrêmement vif. Ils n'ont subi que peu de modifications mécaniques, et peuvent être aisément dégagés du micaschiste à grands éléments qui les renferme. Celui-ci est constitué par de la biotite à axes optiques presque réunis qui est très riche en auréoles

polychroïques, disposées autour d'inclusions de zircon. Assez souvent, cette biotite pénètre le disthène, ses lamelles s'accolent alors sur les surfaces de clivage et les plans de séparation de ce minéral.

Cet échantillon a été donné par M. Catat comme provenant d'Ivongo, sans indications plus précises. Il est probable qu'il a été recueilli dans la province de ce nom dont la capitale, appelée aussi Ivongo, se trouve à la hauteur de l'île Sainte-Marie, sur la côte est de Madagascar.

Les cristaux dont il s'agit présentent très souvent les macles suivant h^1 (100). La plus fréquente est celle avec $p\,h^1$ (001) (100) comme axe de rotation. Les petits cristaux observés en lumière convergente montrent le croisement des deux systèmes d'hyperboles, appartenant à chaque composant.

Assez souvent, les macles suivant p (001), accompagnées des plans de séparation habituels, s'observent en même temps que les macles précédentes.

M. Baron a signalé (*Quat. J. of. Soc. geol.* XLV. 305. 1889) l'existence de micaschistes à disthène dans la province d'Imérina, sans donner d'indications plus précises. M. Grandidier m'a fait remarquer à ce propos qu'il existait un mont Ivongo sur les confins orientaux de la province d'Imérina à une petite distance de Mantasoa ou Soatsimananpiovana (à 45 km. E.-S.-E. d'Antananarivo), c'est-à-dire dans la région signalée par M. Baron. Toutefois M. Catat n'ayant pas recueilli de roches dans cette direction, il est probable que le disthène du Museum provient du point indiqué plus haut.

DATHOLITE

$H^2\ Ca^2\ B^2\ Si^2\ O^{10}$

Monoclinique : $mm = 76°\,38'$ (Dx.)

$b : h = 1000 : 394{,}591$. $D = 620{,}006$. $d = 784{,}596$

Angle plan de la base. $76°\,37'\,59''$

Angle plan des faces latérales. $90°\ 4'\,43''$

$[a : b : c = 1{,}26455 : 1 : 0{,}63497]$

$zx = 89°\,54'$

Géométriquement isomorphe de l'euclase, de la gadolinite et de la homilite.

Formes observées. m (110), h^1(100), h^3(210), p(001), e^1(011), $e^{1/2}$(021), $d^{1/2}$(111).

$\lambda = (b^{1/2}\, b^{1/4}\, h^1)$ ($\bar{3}11$), $\varepsilon = a_3 = (b^1\, b^{1/3}\, h^1)$ ($\bar{2}11$), $\alpha = (b^{1/2}\, b^{1/6}\, h^1)$ ($\bar{4}21$), $\beta = (d^1\, b^{1/3}\, g^1)$ (121).

Je n'ai eu à ma disposition que des fragments de cristaux fort petits sur lesquels les mesures sont parfois mauvaises à cause de l'imperfection des formes.

mm	76° 38′	76° 35′	pe^1	147° 32′	147° 34′	εh^1	130° 23′	131°
mh^1	128° 19′	128° 15′	$pe^{1/2}$	128° 9′	127° 16′	λh^1	141° 49′	142° 14′
mh^3	160° 38′	160° 12′	$pd^{1/2}$	140° 59′	140° 29′	$\varepsilon d^{1/2}$	168° 34′	168° 35′
h^3h^1	147° 41′	147° 45′	$d^{1/2}m$	129° 5′	129° 31′	$e^1\varepsilon$	139° 32′	140° 5′
ph^1	90° 6′	90° 7′	$d^{1/2}h^1$	113° 4′	113° 6′			
			$e^1d^{1/2}$	157° 1′	157° 18′			

Faciès des cristaux. La face p (001) présente parfois de fines stries parallèles à l'arête $p\, e^1$ (001 (011); elle est en outre ondulée. Les faces α ($\bar{4}21$) sont ternes et raboteuses; elles ne donnent aucune image et ont été déterminées par les deux zones $p\, \varepsilon\, h^3$ et $\lambda\, m\, e^{1/2}$ dont elles font partie. Toutes les autres faces sont brillantes, mais plus ou moins courbes.

Dans la zone $p\, d^{1/2}\, m$, entre p (001) et $d^{1/2}$ (111), il existe presque toujours deux faces qui sont tellement arrondies qu'il est impossible de les mesurer exactement.

Les cristaux peuvent être rapportés à deux types très distincts. Le premier, qui semble le plus rare et qui constitue de petits cristaux ne dépassant pas 1 mm rappelle les cristaux d'Arendal et ceux d'Andreasberg. Les faces de la zone verticale et la base dominent. $e^{1/2}$ (021) est peu développé (fig. 1). Il existe parfois des traces de β.

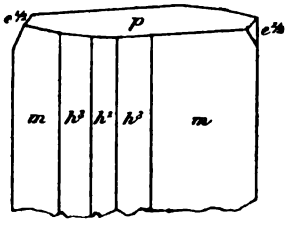


Fig. 1.

Ceux du second type sont plus gros; ils atteignent 0 cm 4. Les faces de la zone prismatique sont extrêmement réduites; la face p (001) est très développée ainsi que e^1 (011), $d^{1/2}$ (111), λ ($\bar{3}11$), ε ($\bar{2}11$), α ($\bar{4}21$).

Ces cristaux sont aplatis suivant p (001); ils adhèrent souvent à leur gangue par cette face ou sont implantés obliquement, serrés les uns contre les autres, de telle sorte qu'il m'a été impossible d'obtenir un cristal entier.

Clivages. M. des Cloizeaux signale des clivages difficiles suivant h^1 (100), p (001) et m (110). Je ne les ai pas observés sur nos cristaux. Cassure inégale.

Dureté. 5 à 5.5. Le minéral est fragile.

Densité. 2.8 à 3.0; 2.985 (Sainte-Marie-aux-Mines).

Coloration. Incolore ou blanc. Eclat vitreux très net, un peu gras dans la cassure. Transparent au moins en petits cristaux. Poussière blanche.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë négative presque perpendiculaire à la base; elle fait suivant les gisements des angles de 0° 50 à 4° avec l'axe vertical dans l'angle aigu ph^1 (001) (100).

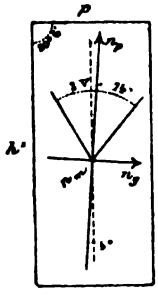


Fig. 2.
Face g^1 (100) parallèle au plan des axes optiques

M. des Cloizeaux a mesuré les indices suivants dans les cristaux d'Andreasberg.

	rouge	jaune
n_g	= 1.6670	1.6700
n_m	= 1.6510	1.6535
n_p	= 1.6248	1.6260

La biréfringence maximum est d'environ (moyenne des mesures sur les cristaux de divers gisements) :

$$n_g - n_p = 0{,}044$$

J'ai pu obtenir une plaque perpendiculaire à la bissectrice aiguë dans un très petit cristal de Sainte-Marie-aux-Mines. On déduit de la mesure de 2 d. (Na)

		Andréasberg.
2 V =	76°	74° 57′

La dispersion avec $\rho > \nu$ est nette; la dispersion inclinée est faible.

Composition chimique. Je n'ai pu obtenir une quantité de matière suffisante pour une analyse.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, le minéral bouillonne et fond en un verre clair en colorant la flamme en vert. Dans le tube, donne de l'eau. La poussière donne avant calcination une réaction alcaline. La datholite se décompose facilement par les acides en faisant gelée.

Diagnostic. La datholite se présentant généralement en cristaux, ses formes sont caractéristiques ainsi que sa composition chimique. La présence d'acide borique et l'absence d'alumine permettent de la

distinguer à ce point de vue des zéolites dont elle possède quelques caractères (fusibilité, attaque facile par les acides, teneur en eau, etc.).

GISEMENTS

La datholite est un minéral exclusivement drusique. On la rencontre le plus souvent dans les diorites, les kersantites, les diabases, les gabbros, les serpentines, les mélaphyres, plus rarement dans les roches granitiques et les gisements métallifères (Arendal, Andreasberg). Dans l'unique gisement que nous ayons à étudier ici, ce minéral tapisse les druses d'une kersantite aux environs de Sainte-Marie-aux-Mines [Alsace] à la côte de Saint-Dié dans une carrière abandonnée dite *la Pomme de Pin*. Ce minéral y a été découvert par M. Daubrée (L'*Institut* XXV. 38. Voir aussi Delbos et Köchlin Schlumberger, *Descrip. géol. et min. du Haut-Rhin*. II, 367, 1867).

Je ne reviendrai pas sur les formes puisque je ne me suis occupé que de celles de ce gisement dans la partie générale donnée plus haut.

Les cristaux étaient assez abondants, d'après les indications que M. Daubrée a bien voulu me donner. Malheureusement le petit nombre d'entre eux qui se trouvent dans les collections du Museum d'Histoire naturelle et de l'Ecole des Mines, et qui ont été recueillis par ce savant, se prêtent mal à l'étude, les cristaux ne pouvant être facilement détachés de leur gangue. Aussi les données cristallographiques que j'ai pu réunir sur deux fragments de cristaux sont-elles certainement incomplètes. Elles sont suffisantes pour montrer l'intérêt qu'il y aurait à retrouver ce minéral et à l'étudier d'une façon plus approfondie.

Dans une note sur la *Minéralogie des Vosges* (Epinal. 1888) M. Kampmann dit avoir vu dans la collection du D[r] Gaillardot des échantillons de datholite provenant de Wissembach (dans kersantite).

GROUPE DE LA TOURMALINE

$Si^4\,O^{20}\,B^2$ ($[AlO]^2$ Mg Fe Na^2 Li^2 $H^2)^9$ (Groth).

Rhomboédrique hémimorphe :

$pp = 133°\,8'$. Angle plan au sommet : $113°\,57'\,34''$

$[a : c = 1 : 0.4474]$

Formes observées. a^1 (0001); e^2 (10$\bar{1}$0), d^1 (11$\bar{2}$0), $k = (b^{1/3}\,d^1\,d^{1/2})$ (41$\bar{5}$0).

p (10$\bar{1}$1) e^1 (02$\bar{2}$1), $e^{3/2}$ (05$\bar{5}$1), b^1 (01$\bar{1}$2);

d^2 (21$\bar{3}$1), $d^{11/5}$ (11.5.$\bar{1}\bar{6}$.6), $d^{3/2}$ (32$\bar{5}$1); $e_2 = (d^{1/3}\,d^1\,b^{1/2})$, 12$\bar{3}$2), $\beta = (d^{1/4}\,d^1\,b^{1/3}$ (34$\bar{7}$2),

$\varepsilon = (d^{1/5}\,d^{1/2}\,b^{1/4})$ (12$\bar{3}$1); $w = e_{2/9}$ (7.11.$\bar{1}\bar{8}$.2), $\pi = e_{1/4}$ (35$\bar{8}$1),

$\varphi = e_{2/5} = (d^{1/5}\,d^{1/2}\,b^{1/5})$ (3.7.$\bar{1}\bar{0}$.2) $u = e_{5/8}$ (3.13.$\bar{1}\bar{6}$.5).

Les angles varient avec la composition chimique. Les seules tourmalines de gisements français se prêtant à des mesures précises sont celles de Lys, de la Vilate et de Madagascar. M. des Cloizeaux a bien voulu me communiquer les mesures qu'il a faites sur les cristaux de Lys; elles sont suivies de l'abréviation Dx. Les miennes ont été faites sur des cristaux de Lys (Lx.) de la Vilate (Lx^1.) et de Madagascar Lx.[2]).

	Angles calculés	Angles observés	
e^2e^2	120°		
e^2d^1	150°		
d^1d^1	120°		
e^2k	169°6′	169°5′	(Lx.)
d^1k	160°54′	161°4′	(Lx.)
a^1p	152°40′	152°39′	(Lx.)
a^1e^2	90°		
a^1b^1	165°31′	165°28′	(Lx.)
a^1e^1	134°3′		
$a^1e^{3/2}$	111°9′		
$d^1d^{3/2}$ adj.	155°14′	155°25′	(Lx.)
d^1d^2 adj.	142°26′	142°31′	(Lx.)
$d^1d^{11/5}$	139°8′		
d^1p adj.	113°26′	113°20′	(Lx.)
d^1b^1 lat.	90°		
pp culmin.	133°8′	133°	(Lx.)

	Angles calculés	Angles observés	
pb^1	156°34′	156°30′	(Lx.)
$pd^{11/5}$	154°18′	154°57′	
pd^2 adj.	151°0′	151°8′	(Lx.[1])
$pd^{3/2}$ adj.	138°12′	138°10′	(Lx.)
d^2d^2 sur e^1	116°12′		
d^2e^1 adj.	148°6′		
b^1b^1 culm.	154°58′		
d^1w	164°23′	164°25′	(Dx.)
$d^1\pi$	162°23′	161°49′	(Dx.)
$d^1\varphi$	153°18′	152°55′	(Dx.)
d^1u	141°50′	141°40′	(Dx.)
d^1e^1	128°30′		
d^1e_2	111°41′		
d^1p	90°		
e^1e^1 culm.	103°1′		
wu	157°27′	158°57′	(Dx.)
πu	159°27′	159°10′	(Dx.)

	Angles calculés	Angles observés	
we^1	144°6′	143°38′	(Dx.)
πe^1	146°7′	146°33′	(Dx.)
φe^1	155°12′	155°20′	
ue^1	166°40′	166°50′	
φp	116°42′	115°50′	
e^1e_2	163°11′30″	163°15′	(Lx^2)
e^1p	141°40′		
$e^2d^{3/2}$ adj.	147°0′	147°27′	(Dx.)
$e^2\varepsilon$ sur $d^{3/2}$	127°36′	128°50′	(Dx.)
e^2e^1 lat.	111°4′	111°40′	(Dx.)
$d^{3/2}\beta$	166°55′	166°30′	(Dx.)
$d^{3/2}\varepsilon$	160°36′	161°0′	
$d^{3/2}e^1$	144°4′	144°0′	
βe^1	157°9′	158°23′	
εe^1	163°28′	162°50′	(Dx.)
d^1b^1	102°31′	102°40′	(Dx.)

Faciès des cristaux. Les faces e^2 $(10\bar{1}0)$ sont généralement réduites à 3 ; celles des prismes dodécagones à 6. Quand le prisme e^2 offre ses six faces, trois d'entre elles alternes sont peu développées ; aussi, toutes les fois que ce prisme domine, les cristaux présentent-ils une section triangulaire caractéristique (fig. 5 et 6). Quand au contraire c'est le prisme d^1 $(11\bar{2}0)$ qui domine, les cristaux sont nettement hexagonaux (fig. 4).

Les faces de la zone verticale sont généralement striées parallèlement à leurs intersections mutuelles. Souvent ces stries sont tellement profondes que les faces ne se distinguent plus les unes des autres.

Les cristaux sont le plus souvent allongés suivant l'axe vertical ; dans quelques gisements cependant, ils sont raccourcis et peuvent même affecter des formes lenticulaires grâce au grand développement des faces des sommets relativement à celles de la zone verticale. Par suite de l'hémimorphisme de la substance, une des extrémités des cristaux est souvent constituée par e^1 $(02\bar{2}1)$, et l'autre par p $(10\bar{1}1)$, b^4 $(01\bar{1}2)$, a^1 (0001). Quand le rhomboèdre p existe aux deux extrémités du cristal, les faces du sommet qui ne présentent pas b^4 sont d'ordinaire striées parallèlement à leur intersection avec e^1.

Les scalénoèdres sont généralement très réduits dans les cristaux des gisements français. Très rarement à la Vilate et à Lys, j'ai rencontré des cristaux dans lesquels ils dominent.

La tourmaline ne se présente pas seulement en cristaux distincts ; elle a une grande tendance à former des agrégats bacillaires ou fibreux ; elle constitne même parfois à elle seule de véritables roches dont la cristallinité n'est décelée que par le microscope.

La tourmaline est un des minéraux les plus remarquables au sujet de la différence de taille que peuvent présenter ses cristaux qui varient depuis moins de 0 ^{mm} 10 jusqu'à plus d'un mètre.

Déformations mécaniques. Les roches renfermant la tourmaline ont souvent subi des phénomènes d'écrasement. On voit alors ce minéral aplati, brisé ; ses fragments sont soudés par des minéraux de formation récente ou par les débris de la roche qui le contient (fig. 20).

Clivages. Clivages très difficiles suivant p $(10\bar{1}1)$ et $d^1(11\bar{2}0)$; cassure parfois conchoïdale, mais le plus souvent inégale. Les cristaux de tourmaline des gisements français sont généralement très fendillés, fragiles ; ils se brisent facilement sous le moindre choc, ce qui les rend impropres aux travaux d'optique.

Dureté. 7.

Densité. 2.9 à 3.2. — 2.997 T. verte de l'Arba 3.002 T. rose d'Orvault et jaune d'Arnave. 3.026 T. rouge foncé de Madagascar. 3.036 T. verte de Saint-Béat. 3.067 T. brun de Lys. 3.078 T. vert pâle d'Orvault. 3.099 T. noire de Soularac. 3.097 T. jaune pâle de Madagascar. 3.110 T. d'Orvault. 3.141 T. noire de Montjeu. 3.129 T. vert foncé de la Vilate. 3.170 T. bleu noir d'Orvault [1].

Coloration et éclat. La couleur est très variable. Les teintes foncées dominent. La plupart des cristaux de gisements français sont noirs, quelques-uns brun foncé (Lys), brun clair (Arnave), verts de diverses nuances (la Vilate, Orvault, Saint-Béat), plus rarement bleu (indicolite) (Orvault), rouges (Madagascar), roses (rubellite) ou même incolores (Orvault). Leurs couleurs en lames minces seront étudiées plus loin. Dans les variétés claires, un même cristal présente souvent des teintes différentes à ses deux extrémités ou est formé de zones concentriques différemment colorées (Orvault, Madagascar). Eclat vitreux. Transparente ou translucide.

Propriétés optiques. Double réfraction à un axe négatif. M. Mallard a observé sur quelques cristaux des anomalies optiques qui lui font considérer le réseau de la tourmaline comme réellement rhombique.

La valeur des indices de réfraction varie avec la composition chimique et la couleur.

J'ai pu mesurer les indices suivants, par la méthode du prisme :

	n_g		n_p		$n_g - n_p$	
	Na	Li	Na	Li	Na	Li
Tourmaline jaune (Madagascar)	1.6377	1.6346	1.6231	1.6203	0.0146	0.0143
— rouge —	1.6650	1.6616	1.6536	1.6507	0.0124	0.0119
— vert pâle (Arba)	1.634	»	1.613	»	0.021	»
— verte (La Vilate)	1.6498	»	1.6261	1.6234	0.0237	»

On voit d'après ce tableau que la biréfringence maximum des tourmalines lithiques à couleurs pâles est beaucoup plus faible que celles des tourmalines vertes, magnésiennes et ferromagnésiennes. Celles que l'on rencontre dans les roches ont une biréfringence maximum oscillant autour de 0.02.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est énergique ; le rayon ordinaire (n_g ω) est toujours plus fortement absorbé que le rayon extraordinaire

1. Au moment de la mise en pages, M. Damour a bien voulu me communiquer les densités suivantes qu'il a prises sur des cristaux de Madagascar : 3,03 (T. rose pâle), 3,04 (T. rouge vif), 3,05 (T. rouge vineux), 3,075 (T. jaune madère foncé), 3,18 (T. brun noir avec sommet jaunâtre), 3,19 (T. noire), ainsi que sur une tourmaline noire de Cauterets, qui est de 3,10.

(n_p ε). Il en résulte que lorsqu'on examine au microscope un cristal de tourmaline, le maximum d'absorption a toujours lieu transversalement à l'allongement. Cette propriété est précieuse pour le diagnostic de la tourmaline des roches.

En lames minces, on constate que la tourmaline a rarement une couleur identique dans toute l'étendue d'un même cristal. Souvent il existe des zones plus foncées à l'extérieur du cristal. Dans d'autres cas, les couleurs alternent sans ordre et sans régularité.

La tourmaline de quelques gisements présente autour d'inclusions de zircon des auréoles polychroïques très intenses. La teinte de polychroïsme développée dans ces conditions est souvent différente de celle que présente normalement le cristal. M. Michel-Lévy a montré (*C. R.* déc. 1889) que dans ces auréoles la biréfringence augmente.

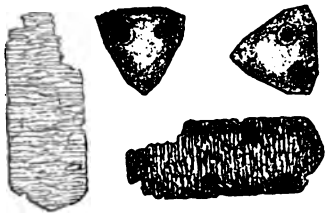


Fig. 1.

Tourmaline vue en lames minces avec un seul nicol : à gauche, section longitudinale, parallèle à la section principale du polariseur; à droite, en bas, même section vue à 90° de la position précédente et montrant une coloration plus foncée, une zone périphérique sombre et des auréoles polychroïques qui ne sont pas visibles dans la première position. En haut, à droite, section basique dans deux positions à 90° ne changeant pas d'intensité lumineuse et montrant toujours les auréoles polychroïques.

Voici les teintes de polychroïsme observées dans quelques tourmalines françaises :

Gisements	Couleur du cristal vu à l'œil nu	Couleur en lames de 0mm23 : n_g	n_p
Alger	noir	noir (opaque) bleu sombre	brun violacé foncé gris violacé pâle
Mont-Fourcat	—	brun jaune foncé	jaune pâle presque incol.
Col de Cadènes	—	—	—
Meymac	—	bandes alternantes gris de souris et bleu	jaune presque incolore
Lagrange	—	jaune brun à l'extrémité jaune brun à l'intérieur	id.
Saint-Poncy	—	bleu gris ou brun jaune	jaune pâle ou incolore
Orlu	—	jaune brun marbré de bleu	id.
Saint-Juéry	—	jaune clair à l'extrémité jaune brun à l'intérieur bleu intense autour d'auréoles	id.
Chazal	—	brun rouge, bleu foncé autour d'auréoles	id.
Env. de Combrossol	—	bleu et gris souris foncé	gris jaune pâle
Montée de Naguille.	—	bleu foncé	incolore
Le Chapey	bleu	bleu lavande	bleu pâle presque incolore
Saint-Béat	vert émeraude	vert pâle	incolore
Orvault	bleu noir	bleu extrêmement pâle	id.
Orvault	rose	incolore	id.

Gisements	Couleur du cristal	Couleur observée au microscope à travers une face provenant de cristaux transparents ayant environ 1mm5 d'épaisseur	
		n_g	n_p
Chanteloube	vert bouteille	vert bouteille foncé	bleu verdâtre
Mornant.....	brun	noir	brun rosé clair
Arnave et Lys.....	brun jaune	brun jaune foncé	jaune pâle
Arba	brun mordoré foncé	jaune topaze foncé	jaune pâle
—	vert émeraude	vert émeraude clair	jaune pâle presque incol.
—	vert pâle	vert pâle	vert jaunâtre
Orvault.....	vert	vert pâle	incolore
—	bleu noir	bleu verdâtre	jaune presque incolore
—	rose	rose pâle	incolore

Propriétés électriques. Piézo et pyroélectrique. Pendant l'échauffement, l'extrémité présentant la face b^1 $(01\bar{1}2)$ prend l'électricité positive (*pôle analogue*), et celle qui porte les faces e^1 $(02\bar{2}1)$ l'électricité négative (*pôle antilogue*). Pendant le refroidissement, on observe l'inverse de ces phénomènes. Généralement le pôle antilogue se trouve du côté où les arêtes culminantes de p correspondent aux faces dominantes e^1 et le pôle antilogue du côté où les arêtes de p correspondent aux faces e^2 réduites ou absentes.

Composition chimique. Au point de vue de la composition chimique, la tourmaline est un borosilicate d'alumine avec magnésie, fer ou alcalis.

Malgré les recherches récentes de MM. Rammelsberg, Jannasch, Riggs, Scharizer, etc., l'accord n'est pas encore fait sur les formules à adopter pour représenter la composition chimique de ces silicates complexes. On peut toutefois distinguer trois types autour desquels oscillent les échantillons des divers gisements. Ils passent de l'un à l'autre.

Ce sont les suivants d'après M. Riggs :

Tourmaline lithique.....	$12\,SiO^2\ 8\,Al^2O^3\ 3\,B^2O^3\ 2\,(Na,Li)^2O\ 4\,H^2O$
— ferrifère....	$12\,SiO^2\ 7\,Al^2O^3\ 3\,B^2O^3\ 4\,(FeO)Na^2O\ 4\,H^2O$
— magnésienne.	$12\,SiO^2\ 5\,Al^2O^3\ 3\,B^2O^3\ \frac{2a}{3}MgO\frac{a}{3}(Na^2O)\ 4\,H^2O$

M. Jannasch adopte les formules suivantes :

Tourmaline lithique	$24\,SiO^2\ 15\,Al^2O^3\ 6\,B^2O^3\ 4\,FeO\ 4\,(Li.Na)^2O\ 7\,H^2O$
— ferrifère.....	$24\,SiO^2\ 14\,Al^2O^3\ 6\,B^2O^3\ 9\,FeO\ 2\,Na^2O\ 7\,H^2O$
— magnésienne.	$24\,SiO^2\ 13\,Al^2O^3\ 6\,B^2O^3\ 12\,MgO\ 2\,Na^2O\ 7\,H^2O$

Les tourmalines lithiques sont généralement de couleur claire : rouges, vertes ou incolores; les tourmalines ferrifères, noires ou d'un vert

foncé; les tourmalines magnésiennes vertes ou brunes de teintes variables.

La plus grande partie des tourmalines de nos gisements français est constituée par le type ferrifère. Le type magnésien est représenté par les cristaux de Lys et d'Arnave, et par la variété chromifère des calcaires de Saint-Béat. Quant au type lithique, il est constitué par la tourmaline de couleur pâle rose, verte ou bleue d'Orvault et par celles de Madagascar.

M. Jannasch a donné (*Ber. d. chem. Ges.* 1889. XXII. 219) l'analyse suivante de la tourmaline noire ferrifère de Tamatave (Madagascar) :

SiO^2	36.34
B^2O^3	10.87
Al^2O^3	32.22
FeO	8.31
CaO	0.79
MgO	3.92
K^2O	0.22
Na^2O	3.14
H^2O + Fl	3.89
	99.70

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, les tourmalines se comportent très différemment suivant leur composition chimique. Les cristaux incolores ou roses (type lithique) sont à peu près infusibles, mais ils s'exfolient et deviennent blancs et opaques; les tourmalines ferrifères fondent plus ou moins difficilement en une scorie noire, brune ou verte. Quant aux variétés pauvres en fer et riches en magnésie, elles fondent facilement en se boursouflant et en donnant soit un émail, soit une scorie blanche, jaune ou grise.

Fondues avec un mélange de bisulfate de potasse et de fluorine, les tourmalines donnent les réactions de l'acide borique. Avec le sel de phosphore, elles offrent suivant leur composition les réactions du fer, du manganèse ou du chrome. Elles sont insolubles dans tous les acides, même dans l'acide fluorhydrique. Après fusion, elles sont attaquables par l'acide chlorhydrique en faisant gelée.

Altérations. Le seul phénomène d'altération que j'ai observé dans la tourmaline consiste dans sa transformation en micas. A Barèges, on trouve des cristaux dont les extrémités sont progressivement remplacées par des lamelles de mica blanc. La tourmaline rose d'Orvault

se fendille dans tous les sens ; elle est peu à peu envahie par un mica jaune d'or en paillettes extrêmement fines. Quand on examine au microscope une lame mince taillée dans un cristal en voie de transformation, on voit les fragments encore intacts, séparés les uns des autres par un fouillis de petites lamelles micacées sans orientation spéciale. J'ai pu m'assurer que le minéral ainsi formé est une variété de damourite analogue à celle qui épigénise la tourmaline rose de Hébron (Maine) et qui a été décrite par MM. Clarke et Riggs. La tourmaline noire de Saint-Poncy présente les mêmes altérations.

Diagnostic. De tous les caractères qui viennent d'être décrits, deux permettent de déterminer rapidement la tourmaline soit en grands cristaux, soit en éléments microscopiques des roches. Ce sont d'abord les formes géométriques de ce minéral, son hémimorphisme et ensuite son polychroïsme intense avec maximum d'absorption transversal à l'allongement des cristaux ; les variations de couleur dans un même individu sont aussi très typiques. Le degré de fusibilité et la couleur permettent assez facilement de distinguer les unes des autres les diverses variétés.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La tourmaline se rencontre dans quatre gisements géologiques différents :

1° Dans les granulites, pegmatites et schistes cristallins ou sédimentaires modifiés par ces roches éruptives.

2° Dans les calcaires (*a*) ou schistes (*b*) sédimentaires n'ayant pas subi l'action de roches granulitiques.

3° Dans les schistes ardoisiers dont elle constitue un élément microscopique.

4° Dans les roches clastiques (débris).

1° *Tourmaline des granulites, pegmatites et des roches modifiées par elles.*

La tourmaline constitue un des éléments caractéristiques des roches granulitiques. Elle s'y rencontre en cristaux souvent postérieurs aux autres éléments et par suite les englobant tous.

Les beaux cristaux se trouvent dans les pegmatites ; ils sont particulièrement engagés dans le quartz ; on observe souvent des filons exclusivement formés de quartz et de tourmaline.

Les cristaux sont généralement allongés et souvent cannelés suivant l'axe vertical. Les faces sont d'ordinaire peu variées : e^2 $(10\bar{1}0)$, d^1 $(11\bar{2}0)$, rarement h $(41\bar{5}0)$, p $(10\bar{1}1)$, b^1 $(01\bar{1}2)$, e^1 $(02\bar{2}1)$; ils prennent une forme triangulaire par le développement de trois des faces e^2, ou une forme hexagonale quand le prisme d^1 domine. Les cristaux dépassent quelquefois 1 mètre de plus grande dimension.

Ils sont rarement constitués par les variétés lithiques (Orvault, Madagascar) ; ce sont les types ferrifères ou ferromagnésiens qui sont les plus fréquents. Le grenat leur est souvent associé.

La tourmaline est un des minéraux développés le plus habituellement au contact de la granulite ; aussi le trouve-t-on en abondance dans les gneiss, les micaschistes ou les schistes précambriens et paléozoïques ayant subi l'action de cette roche éruptive. Les cristaux y sont en général de petite taille, ils y constituent souvent des masses fibreuses ; on ne les rencontre guère avec des formes nettes que dans les glandules quartzeux ou les bancs granulitiques, injectés dans ces roches schisteuses. Ils y sont encore accompagnés de grenat ainsi que de cordiérite, plus rarement d'andalousite, de disthène.

Dans l'étude de divers gisements français, je décrirai simultanément tous ceux dans lesquels la tourmaline se rencontre dans les granulites, les pegmatites ou les roches modifiées par elles. Il serait possible de multiplier à l'infini les citations de localités où l'on trouve ce minéral ; j'ai signalé seulement celles qui m'étaient connues par la beauté ou l'abondance des cristaux.

Normandie. — *Manche*. Cristaux abondants dans les granulites du Quesnoy près Avranches, de Réville, du Mont-Saint-Michel et d'un grand nombre de gisements de l'arrondissement de Mortain. Les filons de ces derniers percent le précambrien et sont antérieurs au silurien.

Calvados. La tourmaline se trouve dans les pegmatites de la carrière de la Bellière près Vire (avec andalousite), de la Renaudière et de la Brunière en Clinchamps, de la forêt de Saint-Sever, etc.

Orne. La tourmaline est assez rare dans le massif de granulite d'Alençon. A la carrière du Pont-Percé, à Condé-sur-Sarthe, elle remplit quelquefois les géodes que tapissent de beaux cristaux de quartz enfumé, d'orthose, etc. Elle est postérieure à ces minéraux, et contemporaine de l'apatite et de la fluorine que l'on rencontre dans le

même gisement. Les échantillons que m'a communiqués M. Le Tellier ne présentent pas de formes géométriques déterminables.

Bretagne. — *Ille-et-Vilaine*. Cristaux dans le quartz gris bleu des pegmatites à grands éléments de Dinard (près La Cale), de Saint-Malo (au dessus de la porte des Champs au Vert); on la trouve aussi à Paramé, au Vaugarny, près de Saint-Servan, sur la rive droite de la Rance; gros cristaux dans les pegmatites du cap qui domine l'anse des métairies près Saint-Enogat, etc.

Côtes-du-Nord. Dans les pegmatites des environs de Saint-Brieuc, de Lancieux, de l'anse des Pêcheurs, sur la rive gauche de la Rance, à environ 4 km. de Dinan.

Je dois à l'obligeance de M. Dorlodot d'Arment un fragment de cristal de Lancieux (1 cm 5 suivant l'axe vertical) présentant les formes d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$ et k $(41\bar{5}0)$, ces deux dernières très réduites; il est terminé par une large base a^1 (0001) avec de très petites bordures p $(10\bar{1}1)$ et b^1 $(01\bar{1}2)$ (fig. 2).

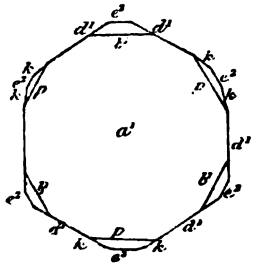


Fig. 2.

Finistère. Le Dr Le Hir a recueilli dans une granulite de Saint-Pol, près Morlaix, de jolis cristaux de tourmaline allongés ou raccourcis, souvent bipyramidés, présentant les formes d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$, p $(10\bar{1}1)$, e^1 $(02\bar{2}1)$, b^1 $(01\bar{1}2)$.

M. Munier Chalmas m'a signalé des prismes de tourmaline atteignant plusieurs centimètres dans le quartz des pegmatites de la côte de Roscoff. Ces cristaux sont souvent tordus, brisés en nombreux fragments ressoudés par le quartz.

A Laber Ildu près de Brest se rencontrent de jolis cristaux noirs cannelés sans sommets cristallins; ils sont engagés dans le quartz.

Le même minéral est abondant dans les micaschistes et les granulites qui les percent dans un grand nombre de gisements aux environs de Douarnenez (tranchée de Pinity, sur la ligne du chemin de fer de Douarnenez à Quimper, petits cristaux et masses bacillaires dans granulite), aux environs de Quimper, à Perennon, Locronan, Faouet, Locmaria (avec grenats), etc.

Morbihan. C'est dans les mêmes roches que se trouvent les tourmalines des gisements signalés par M. de Limur et dont les principaux

sont les suivants : Sulniac, Questembert, La Roche Bernard (cristaux cannelés dans pegmatites), Saint-Nicolas-sur-Blavet (dans pegmatite), Baud, Plumeliau, environs de Pontivy (petits cristaux nets dans micaschiste), Berné, Saint-Allouestre (petites aiguilles soyeuses avec andalousite), Bignan (masses fibreuses et soyeuses de fines aiguilles brunes).

D'après M. Lodin (*B. S. G.* XII. 645. 1884), les schistes cambriens de la galerie de Piné à la Villeder sont transformés en schistes à tourmaline au contact de la granulite.

Les tourmalines des gisements qui viennent d'être énumérés sont rarement terminées par des sommets nets; je dois à l'obligeance de M. de Limur un joli cristal provenant des environs de Baud. Les faces de la zone verticale sont extrêmement striées et non mesurables; le cristal est terminé par une large base bordée par le rhomboèdre primitif. Il est fortement translucide sur les bords, et n'est pas intérieurement fendillé comme la plupart des cristaux de cette région. Les micaschistes de l'île de Groix sont localement riches en petits cristaux de tourmaline. Von Lasaulx y a signalé (*Niederh. Ges. Bonn* 268. 1883) les formes e^2 $(10\bar{1}0)$, d^1 $(11\bar{2}0)$, p $(10\bar{1}1)$ et e^1 $(02\bar{2}1)$.

Loire-Inférieure. La tourmaline est très abondante dans la Loire-Inférieure. Quelques gisements sont tout particulièrement remarquables.

Granulites et pegmatites. Le gisement le plus important, malheureusement à peu près épuisé aujourd'hui, est celui d'Orvault, à environ 10 km. N.-N.-O. de Nantes. A l'ouest du bourg, une grande carrière est ouverte pour l'exploitation de la granulite à grains fins. C'est dans les filons minces de pegmatite qui la traversent que M. Baret a découvert les beaux échantillons de tourmaline de couleur variée décrits par lui en 1879 (*B. S. M.* I. 71.). Grâce à son obligeance, il m'a été possible d'étudier de près les échantillons qu'il a recueillis.

La tourmaline est accompagnée de mispickel compacte, de cristaux b^1 (110) de grenat almandin, de béryl, de muscovite, plus rarement d'uranite, de bertrandite, etc. Elle présente de nombreuses variétés et est généralement engagée dans le feldspath ou le quartz. Les seuls cristaux présentant des sommets sont noirs. Ils sont d'ordinaire peu allongés suivant l'axe vertical et peuvent atteindre $1^{cm}8$ de plus grande dimension. Ils présentent dans la zone verticale les faces d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$; j'ai observé un cristal terminé par p $(10\bar{1}1)$,

e^1 (0$\bar{2}$21), un autre par a^1 (0001), p et un troisième présentant en outre b^1 (01$\bar{1}$2). Les faces d^1 sont souvent dominantes comme dans la fig. 4. Plus rarement les cristaux de tourmaline sont engagés dans la muscovite et aplatis suivant une face prismatique de la zone verticale, comme cela a lieu dans les cristaux de quelques localités de la Caroline du Nord. La tourmaline bleue forme de gros cristaux cannelés dans la zone verticale ; leur teinte est souvent tellement foncée qu'ils paraissent noirs. Les petits fragments examinés au microscope se montrent bleu de mer.

M. Baret a trouvé en outre des variétés roses et vertes. Les cristaux roses sont très fragiles ; il se transforment en damourite jaune pâle ; les pseudomorphoses sont rarement totales ; elles rappellent tout à fait celles d'Auburn et d'Hebron (Maine).

La tourmaline verte forme de petites aiguilles ayant une grande tendance à former des groupes bacillaires. Souvent aussi elle est engagée dans la muscovite (fig. 3). Les pointements sont indistincts.

Fig. 3.
Tourmaline en petits cristaux dans lamelle de muscovite.

Toutes ces variétés claires de tourmaline sont souvent réunies dans un même cristal. Tantôt, ce sont les deux extrémités du cristal qui sont de couleur différente, comme dans les cristaux de l'île d'Elbe, tantôt, au contraire, les différentes colorations s'observent suivant des zones concentriques comme dans les beaux échantillons du Brésil.

La variété bleu foncé est très facilement fusible en émail noir ; les variétés de couleur claire sont à peu près infusibles. Il est à regretter que, dans ce gisement, tous les cristaux soient aussi fendillés ; ils sont toujours transparents sur une petite épaisseur.

M. Baret a recueilli dans la même carrière des échantillons d'une granulite blanche à grains fins, formée en grande partie d'albite aplatie suivant g^1 (010) et donnant ainsi à la roche une structure phonolitique. Cette roche renferme de jolis petits cristaux a^2 (211) d'almandin, de l'apatite verte et de la tourmaline. Cette dernière constitue des cristaux remarquables par le développement de d^1 et l'existence de six faces e^2 ; j'y ai observé en outre p et a^1 (fig. 4). Cette granulite forme des filons minces dans la granulite normale de la région.

Aux environs immédiats de Nantes, M. Baret a rencontré la tourmaline incolore, verte et bleu verdâtre.

La tourmaline noire se trouve encore dans les pegmatites ou les quartz de pegmatite à la Salle Verte près Saint-Clair, à la Sionnière en Saint-Herblain, à la Chaterie en Saint-Herblain (route de Vannes) (pseudomorphose en damourite); à Piriac (dans les salbandes du filon de cassitérite), au bourg de Batz et au Croisic sur la côte; à 1 km. N. du bourg de Sautron; à Clis près Guérande (très gros cristaux); à Ligné, à Barbin. Dans tous ces gisements, les cristaux présentent les faces d^1, e^2, plus ou moins nettes, et plus souvent forment des prismes arrondis fortement cannelés sans sommets distincts.

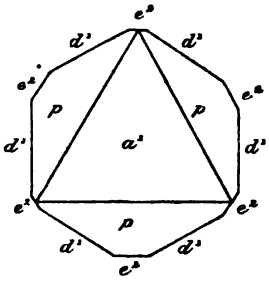


Fig. 4.

Il reste à signaler l'existence de la tourmaline dans les fissures du gabbro du Pallet. Elle s'y est développée par action de fumerolles granulitiques analogues à celles que j'aurai l'occasion de signaler dans un gisement pyrénéen.

Les micaschistes granulitisés de la Loire-Inférieure sont riches en tourmaline. Il y a lieu de signaler notamment à Pont du Cens près Nantes et à 300 mètres du Hingué, à l'ouest de Nozay, un micaschiste à mica blanc criblé de petites aiguilles de tourmaline, atteignant 0 cm 5 et couchées suivant les plans de schistosité de la roche. En lames minces, elles sont de couleur brune et remarquables par les auréoles polychroïques développées autour de petits cristaux de zircon.

Des cristaux analogues existent à la Tortière, près de l'octroi de l'Ecusson à Nantes, à Petit-Port, au Haut-Cormier près Orvault; au Port-Durand (variété brune). Entre Mauves et Thouaré, au pont de la Tortière, on les trouve aussi en masses fibreuses dans le quartz de micaschistes; à la Trémissinière près Nantes, ils forment des groupements fibreux et bacillaires.

Tous les sables des rivières traversant les régions précédentes renferment des fragments de ce même minéral.

Vendée. — *Deux-Sèvres.* Dans la granulite des environs de Bressuire.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées.* Dans le massif du Labourd, la tourmaline n'est pas rare dans les pegmatites traversant les gneiss. Je

l'ai rencontrée notamment dans les déblais résultant du percement du tunnel de Cambo ; elle y forme avec le quartz des associations pegmatoïdes semblables à celles qui seront décrites plus loin dans l'Ariège. Elle est accompagnée de cordiérite se présentant dans les mêmes conditions. On la rencontre plus rarement à Louhossoa.

Dans les schistes micacés à staurotide qui se trouvent à Itsatsou, au dessus de la carrière de cipolins, j'ai rencontré des roches exceptionnelles, presque entièrement formées de petits cristaux de tourmaline brune en lames minces (page 5, fig. 2) dont le centre est parfois criblé d'inclusions charbonneuses.

Hautes-Pyrénées. Très abondante dans les granulites et pegmatites du massif du Pic du Midi et notamment sur le flanc Sud du pic, ainsi qu'au col d'Oncet, à la montée du lac Bleu par Chiroulet. Les roches de ce dernier gisement sont très abondantes à l'état erratique dans la vallée de Lesponne. Le prisme d^1 domine souvent accompagné par 6 faces e^2 avec p à une extrémité, $p\ b^1$ à l'autre · e^1 et a^1 sont plus rares. La figure 5 représente une combinaison observée. Ces tourmalines sont souvent brisées ou aplaties. Elles sont accompagnées de beaux grenats (montée du lac Bleu), et rarement de béryl : j'ai recueilli ce dernier minéral entre l'hôtellerie et le sommet du pic à une altitude d'environ 2700^m. A la montée du Lac Bleu, j'ai trouvé une surface de granulite tapissée de rosettes d'aiguilles de tourmaline noire ayant environ 4^{cm} de longueur et divergeant d'un centre. A Barèges, de gros blocs de pegmatite ont présenté d'énormes cristaux de tourmaline souvent brisés et étirés en fuseaux à leurs extrémités et plus ou moins transformés en mica blanc ; de gros cristaux ont été rencontrés à Péguères près Cauterets. Ramond (*Voy. au Mont-Perdu*) signale des rosettes de tourmaline dans les pegmatites de Héas ; dans ce même gisement, on trouve des cristaux dépassant 15^{cm} de longueur avec un diamètre de 3^{cm}5 ; au nord de Bagnères-de-Bigorre, la tourmaline se rencontre à Ordizan et à Loucrup.

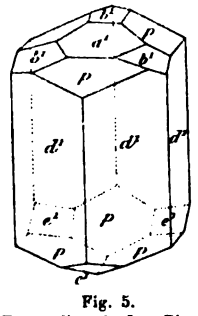


Fig. 5.
Tourmaline du Lac Bleu.

Haute-Garonne. Les pegmatites des environs de Bagnères-de-Luchon sont riches en tourmaline ; on peut citer particulièrement celles des environs du pont de Chaum, de Superbagnères, du val de Burbe, du promontoire de Monenclos près Cierp (superbes cristaux : $^1/_2\ e^2\ d^1\ k\ p$ atteignant 10^{cm} de longueur), des bains de Sost, du piton de Géry près Saint-Béat.

M. Gourdon me l'a encore signalée au grand pic de Quairat près Luchon, à la Coume de Labesque (vallée de Lys) et à Ceil de la Baque près le port d'Oo; le même savant a trouvé dans la gorge des Barrans, au pied de la crête qui unit le Nethou au pic Fourcanade de très gros cristaux de tourmaline noire, associée à de l'apatite (de Lapparent, *B. S. M.* II. 187. 1879); dans le val d'Aran, non loin de Bosost et de la Bourdette.

Sur le versant sud de la Maladetta [Espagne], Charpentier signale (*op. cit.* 134) des rosettes de tourmaline analogues à celles de Héas. M. Gourdon l'a rencontrée en plusieurs autres points du massif de la Maladetta et près des Estans Frins, non loin du pic Comolo Forno dans la Sierra de Montarto [Catalogne].

Enfin on trouve le même minéral dans les schistes micacés du pont de Mousquères et à la Casséide près Luchon ainsi qu'aux environs du pont d'Esbarech et plusieurs autres points de la vallée de Sost (Barousse).

Ariège. La tourmaline est abondante dans les granulites et roches granulitisées de l'Ariège que j'ai spécialement étudiées. En voici les principaux gisements : dans la vallée du Salat, au N.-O. de Saint-Sernin près Soueix (énormes cristaux dans pegmatite) et non loin du hameau de la Frethe, à Araux, au dessus du pont de Kerkabanac près de Soueix; dans la vallée de l'Ariège, à Seignaux, à Montoulieu, à Arignac, à la ferme du Calmil au dessus de Ganac (très gros cristaux), près de Caplong (roche à petites tourmalines dans les schistes micacés analogue à celle qui sera décrite plus loin); à Ganac, dans les filons de quartz avec andalousite en petites aiguilles soyeuses.

Elle est moins abondante dans le massif du pic des Trois-Seigneurs; cependant Picot de Lapeyrouse a signalé (*J. P.* XXVI. 427. 1785) des cristaux de plusieurs centimètres de longueur, terminés par des rhomboèdres dans la pegmatite de l'étang d'Arbu. Le dictionnaire d'histoire naturelle (1819) indique aux environs de Vicdessos des cristaux de tourmaline associés à de l'apatite. La tourmaline n'est pas rare dans les granulites de la montée de l'étang de Lherz par Massat.

Le massif du pic de Saint-Barthélemy (pic de Tabe) est au contraire riche en tourmaline. Les plus beaux cristaux que j'y ai rencontrés se trouvent sur les abrupts Est du ravin qui descend du col de Girabal dans la vallée de l'Ariège. Tout près du col, les micaschistes granulitisés sont traversés par de nombreux filonnets de granulite. L'un d'eux, entièrement composé de quartz et de tourmaline, m'a fourni de nom-

breux cristaux de tourmaline bipyramidés s'isolant très facilement de leur gangue.

Ces cristaux d'un beau noir ne dépassent pas 1^{cm} 5 de plus grande dimension. Très peu allongés suivant l'axe vertical, ils sont souvent également développés dans tous les sens.

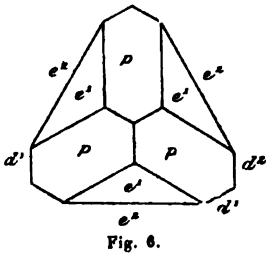


Fig. 6.

Dans la zone verticale, les cristaux présentent e^2 $(10\bar{1}0)$, d^1 $(11\bar{2}0)$; la première forme est généralement dominante et par suite de sa réduction à trois faces donne aux cristaux une forme triangulaire. Parfois les six faces e^2 existent sur le même cristal, mais alors trois d'entre elles ne constituent que de très fines facettes. Un des sommets présente toujours p $(10\bar{1}1)$ et e^1 $(02\bar{2}1)$ (fig. 6), tandis que l'autre est terminé soit par p seul (fig. 7), soit par p et b^1 $(01\bar{1}2)$.

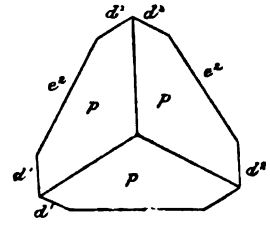


Fig. 7.

La caractéristique des cristaux de ce gisement consiste dans leur association intime avec l'apatite en petits prismes de 1 à 3^{mm} qui en grand nombre sont inclus dans la tourmaline ou reposent sur elle. Le même minéral se rencontre en cristaux rarement translucides; l'un d'eux présente les faces m $(10\bar{1}0)$, h^1 $(11\bar{2}0)$, p (0001) et b $(10\bar{1}1)$.

Des cristaux de tourmaline offrant les mêmes formes que ceux du col de Girabal se trouvent dans les pegmatites du côté ouest du ravin de Trimounts, presque vis à vis de la carrière de Pitourles.

Dans la même région, j'ai rencontré assez fréquemment des associations pegmatoïdes de tourmaline et de quartz; la tourmaline y joue le rôle du quartz dans la pegmatite graphique, le quartz celui du feldspath dans la même roche. Dans le dernier des gisements énumérés plus haut, j'ai vu des blocs de plus de 0 m. 50 dans lesquels la tourmaline avait une orientation unique.

Il arrive assez souvent qu'un gros cristal de tourmaline soit entouré d'une auréole de pegmatite tourmalinifère, rappelant les micropegmatites auréolées des roches porphyriques. La fig. 8 représente une semblable association provenant de la crête nord du pic Saint-Barthélemy; le dessin a été fait à demi-grandeur naturelle. La fig. 9 est la reproduction d'une coupe longitudinale du même échantillon.

On y voit que les aiguilles de la gaîne périphérique du cristal central ne sont pas continues, mais qu'elles ont toutes la même orientation.

Dans ce même gisement, j'ai trouvé un petit cristal présentant les faces d^1 dominantes avec e^2 et surtout k (41$\bar{5}$0) peu développées.

Il est terminé à l'une des extrémités par p, à l'autre par p, b^1, e^1 et $d^{3/2}$ (32$\bar{5}$1).

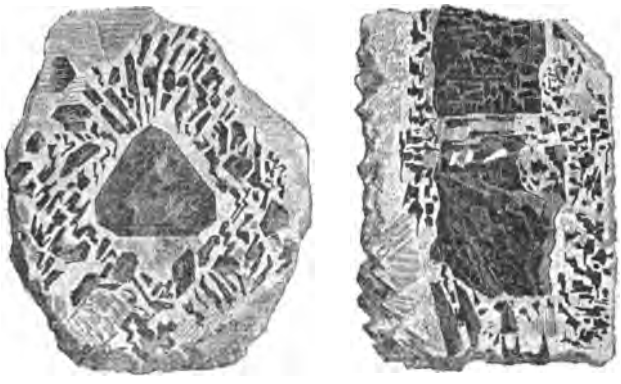


Fig. 8. Fig. 9.

Pegmatite auréolée de quartz et de tourmaline (demi-grandeur naturelle).

Fig. 8. — Coupe transversale. Fig. 9. — Coupe longitudinale.

La tourmaline est en outre très abondante en gros cristaux dans les pegmatites de Mercus, dans les gneiss de la route d'Arnave à Cazenave (avec grenat) dans les pegmatites du col de Cadènes, du chaînon nord du pic du Han (avec andalousite, grenat, etc.), aux alentours du pic Saint-Barthélemy, à l'étang Tord, aux étangs du Diable et des Truites, à Trimounts, à Pitourles, en Lordat dans les granulites intercalées dans les bancs de talc exploité (cristaux très brisés).

Dans le même massif, les filons de quartz à andalousite métamorphisant les schistes micacés renferment souvent le même minéral qui constitue localement de véritables schistes noirs à éléments extraordinairement fins. La roche résultante est noire et nécessite souvent l'examen microscopique pour que sa véritable nature puisse être éclaircie (pic de la Lauzatte, Mont-Foucat au voisinage du col d'Aigotorto).

Dans le massif gneissique de la frontière, la tourmaline est moins abondante; on la rencontre cependant en plusieurs points et particulièrement dans les granulites de la montée du lac Naguille (remarquables phénomènes d'écrasement), aux environs d'Ax et spécialement au delà du pont de la Barduquette sur la route d'Espagne; dans la vallée d'Orlu, je l'ai trouvée au confluent de l'Ariège et du ruisseau

de Baxouillade dans une pegmatite à albite, riche en cristaux de grenat rose saumon et en béryl; les cristaux d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$, p $(10\bar{1}1)$ y sont quelquefois très nets.

On trouve aussi la tourmaline en fines aiguilles soyeuses noires accompagnant l'andalousite dans les filons et les glandules de quartz des schistes micacés de la même région (environs d'Ax, Ascou, Savignac, etc.).

Sur la rive gauche de l'Oriège, ainsi qu'à Petches, près Ax, j'ai découvert la tourmaline dans les fissures d'une péridotite à hornblende. Elle y constitue de grandes aiguilles divergeant souvent d'un centre, et recouvre parfois des surfaces de plus d'un mètre carré; cette tourmaline me semble due à des phénomènes de fumerolles, en relation avec les granulites fréquentes dans le voisinage ; elle est donc analogue à celle qui a été indiquée plus haut dans le gabbro du Pallet.

Dans les environs de Quérigut, on peut citer les pegmatites de Campoussy, de Saint-Martin, de Planèze dans lesquelles j'ai vu des cristaux (e^2 d^1 p) recueillis par M. Carez.

Pyrénées-Orientales. La tourmaline n'est pas rare dans la granulite de cette région et notamment dans celle du Canigou (pic des Sept-Hommes).

Aude. Dans les filons de quartz de pegmatite des environs de Saint-Feréol (N. Boubée), dans ceux de Bessède (M. Roussel).

Montagne-Noire. — *Tarn.* De Boucheporn a signalé (*Explic. Carte géol. Tarn* 1848. 15) l'existence de cristaux de tourmaline noire dans des filonnets de granulite qui existent sur les hauteurs dominant au sud la ville de Brassac. Les cristaux atteignent plusieurs centimètres de diamètre et sont généralement très nets; de petits cristaux de tourmaline rose ainsi que des grenats auraient été trouvés dans le même gisement. « C'est, ajoute l'auteur cité plus haut, une localité intéressante pour les amateurs de minéralogie. » La tourmaline se développe dans les schistes cristallins du voisinage de la granulite.

Peut-être est-ce de ce gisement que proviennent de très jolis cristax de tourmaline que j'ai trouvés dans plusieurs vieilles collections avec la seule indication de « Montagne-Noire ». Ils ne dépassent pas 0^{cm} 8, et tapissent les druses d'une granulite rose : ils sont accompagnés de petits cristaux de quartz hyalin. Par l'éclat de leurs faces et la netteté de leurs formes, ils rappellent les beaux cristaux de Pierrepoint. Leurs faces prismatiques sont les suivantes : d^1 $(11\bar{2}0)$,

e^2 ($10\bar{1}0$) (très réduites) et presque toujours hémièdres; un des sommets est constitué par p ($10\bar{1}1$) avec traces de b^4 ($01\bar{1}2$) toujours ternes, tandis que le sommet opposé à faces brillantes présente e ($02\bar{2}1$), p ($10\bar{1}1$) et parfois d^2 ($21\bar{3}1$). Cette dernière forme n'est jamais complète et n'est guère représentée que par une ou deux très petites faces.

La tourmaline se rencontre dans un grand nombre d'autres gisements du Tarn. MM. Bergeron et Caraven Cachin m'ont signalé les suivants : dans les gneiss et granulite à Mazamet, Lacabarède, Lespinassière, Hautpoul, Auxillon, Brettes, les Vaissières, au moulin de la Resse, à Aigueſonde, Souilhols, Lampry, au Saumail, aux environs de Verdun, Lacaune, à Rialet (tourmaline rose), Anglès, Lazières, Carabit, au bois de la Lauze près Murat; dans les micaschistes de Labecède, etc.

Plateau Central. — *Aveyron.* Dans les granulites entre Campnack et Villecontat; gros cristaux noirs dans les pegmatites d'Entraygues près Espalion.

Lozère. Dans la granulite à grains fins d'Albaret Sainte-Marie; cette tourmaline forme de petites aiguilles montrant en lames minces de remarquables auréoles polychroïques; dans les pegmatites des environs de Fournels et notamment à Saint-Juéry.

Haute-Loire. Pascal (*Géol. du Velay*, Paris, 1865) signale la tourmaline dans les granulites du Fix, Chanteuges, La Rouveyre, Chassignoles, Chazelles Haut, Alleyras, Saint-Privat d'Allier. Les plus beaux cristaux engagés dans la muscovite ont souvent leurs deux sommets.

Le même minéral se rencontre dans un grand nombre de gisements et notamment à Saint-Jean-de-Nay, Vernassal, Lorlange, Chadecole en Blesle, Lempdes, la Chaise-Dieu. Dans ce dernier gisement, les cristaux de très grande dimension sont associés au grenat et à l'apatite en prismes hexagonaux atteignant 1 cm de longueur (Gonnard, *B. S. M.* VII. 65. 1885). Dans cette région, il n'est pas rare, d'après M. Boule, de rencontrer des filonnets entièrement constitués par du quartz et de la tourmaline. A Jaziade, près de Saint-Ilpize, le même savant m'a indiqué un cristal de tourmaline verte et rouge atteignant un centimètre de longueur. Il provient d'une région riche en amphilolites.

Cantal. Bouillet (*Description de la Haute-Auvergne*) signale les gisements de tourmaline suivants : grande côte de Massiac (dans filon de quartz) sur la route de Saint-Flour, et sur la même route au versant

méridional du plateau de Flageolle ; côte de Laneau sur la route de Saint-Flour à Chaudesaigues, Besserettes, Sansac.

M. Fouqué a observé de gros cristaux atteignant 4 à 5 cm dans un grand filon de quartz laiteux, à Marcolès et à la Vialle en Champagnac. Le même minéral se rencontre dans la granulite rose de Laroquebrou, dans les pegmatites de Molompize, d'Auriac l'Eglise, de Saint-Marc, des environs de Siran et de Glenat. Dans ce dernier gisement, on exploite pour l'empierrement des routes des blocs de quartz renfermant d'énormes agrégats de tourmaline. Enfin M. Rames m'a signalé la tourmaline dans les pegmatites à grands éléments du plateau de Saint-Mary-le-Plain et de Saint-Poncy (notamment à Sal-Bas). Dans ce gisement, M. Fouqué m'a indiqué des cristaux atteignant 1 m. 20 suivant l'axe vertical avec un diamètre de 0 m. 40.

Corrèze. La tourmaline est très abondante dans les pegmatites et filons de quartz de Meymac, de Saint-Yrieix le Dejalat, de la route de Saint-Yrieix à Combrossol, sur les plateaux situés au nord d'Egletons ; dans les granulites perçant les amphibolites de Dammiat à 5 km. de Brives et dans les pegmatites de la même région ; dans les granulites à l'est d'Argentat, dans les micaschistes granulitisés au sud de la Bitraque, sur la route d'Argentat à Beaulieu et dans les micaschistes de Neuvic.

Haute-Vienne. La tourmaline est plus ou moins abondante dans la granulite de la chaîne de Blond ; on la trouve notamment à Vaulry, à Cieux près du hameau de Mousac ; elle s'y rencontre avec cassitérite mispickel et or natif (M. Mallard, *A. M.* 6e série X. 326). A Saint-Léonard, elle forme dans le quartz des agrégats constitués par de très fines aiguilles noires imprégnées d'oxyde de fer (M. Mallard).

Je dois à l'obligeance de M. Besnard du Temple de très jolis cristaux transparents de tourmaline verte, tout à fait comparables par leur couleur à ceux du Brésil. Ils proviennent de la carrière de la Vilate, à Chanteloube. Ils sont parfois engagés avec orthose et muscovite dans du quartz translucide, un peu enfumé. La plupart des cristaux que j'ai examinés étaient englobés dans une argile grise teintée de rose ; ils sont alors brisés ; les prismes d^2 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$ et plus rarement h $(41\bar{5}0)$ sont extrêmement cannelés ; souvent les cristaux sont triangulaires par suite de la prédominance de trois faces e^2. Les cristaux sont terminés par le rhomboèdre p $(10\bar{1}1)$ et le scalénoèdre d^2 $(21\bar{3}1)$ toujours présent ; tantôt celui-ci montre le même développement que

le rhomboèdre p, les cristaux ont alors la forme représentée par la fig. 11, tantôt, au contraire, il existe seul, et les cristaux à sommets aigus (fig. 10) rappellent la forme qui est fréquente dans les tourmalines d'Auburn (Maine). Les propriétés optiques des cristaux de la Vilate ont été données plus haut. Ces cristaux fondent très facilement en un émail noir.

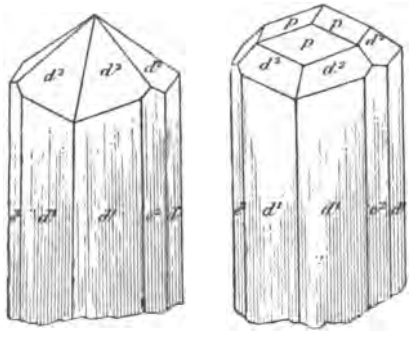


Fig. 10. Fig. 11.

Tourmaline de la Vilate.

Creuse. La tourmaline a été observée dans la granulite à mispickel de Forgeas près Saint-Dizier, dans les pegmatites kaolinisées de Rapissat près Saint-Dizier et de Bonnefond près Bourganeuf (communication de M. Glangeaud); M. Gautier me l'a signalée dans les pegmatites entre la Villate et Saint-Sulpice le Gueretois, dans celles du bois de l'Age, sur la route du Grand-Bourg à Chamborant, de Montbrade et de Saint-Laurent près Guéret.

Puy-de-Dôme. Les pegmatites avoisinant le château de Chadieu, près Authezat, ont fourni des cristaux dépassant 10^{cm} de longueur sur 3^{cm} de diamètre; d'énormes cristaux ont aussi été trouvés dans le quartz de pegmatite des environs d'Olliergues; gisements très nombreux dans la granulite, la pegmatite et le quartz de pegmatite à Berzet (au dessus du ravin de Ceyrat), dans la tranchée du chemin de fer de Vichy à Ambert, à Thedde, Saint-Genès, Champanelle, au Puy Girou, à Arlane, à Dore-l'Eglise, à la Pradelle (au dessus de Volvic), à l'ouest de Combronde, à Ardes, etc.

M. Gonnard a trouvé à Roure près Pontgibaud la tourmaline associée à l'apatite dans une pegmatite à orthose rougeâtre (*B. S. M.* V. 269).

Bouillet indique des cristaux nets de tourmaline dans les sables des ravins de Perrier près Issoire. Le même auteur a signalé des aiguilles de tourmaline dans les basaltes du Mont-Dore, la substance qu'il désigne ainsi doit être selon toute vraisemblance rapportée à la hornblende.

Enfin M. Gautier a bien voulu me remettre de très intéressants

échantillons qu'il a découverts à Chaludet, à l'ouest de la Celle. Ils sont constitués par des pseudomorphoses d'orthose en tourmaline. La roche qui les renferme est une microgranulite à grains fins (*elvan*). Les grands cristaux d'orthose offrant en général les formes rectangulaires p (001) g^1 (010), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$) dominantes ont localement disparu. Leur place est occupée par de la tourmaline brunâtre fibreuse divergeant souvent d'un centre comme le montre la fig. 12 qui représente un cristal dessiné grandeur naturelle. Il existe fréquemment de petites géodes dans lesquelles je n'ai pu distinguer de cristaux nets. Au microscope, on constate que cette tourmaline polychroïque dans les teintes jaune brunâtre et bleu est associée à du quartz. La structure de cette association minéralogique rappelle celle de la *luxulianite* du Cornwall. Il existe en outre un peu d'apatite, des rosettes de mica blanc et de chlorite.

Fig. 12.
Pseudomorphose d'orthose en tourmaline.

La formation de ces pseudomorphoses doit être attribuée à des phénomènes de fumerolles analogues à ceux qui ont donné naissance aux pseudomorphoses d'orthose en cassitérite du Cornwall.

Loire. Grüner a signalé (*Descript. minér. de la Loire*, 1857) de grands cristaux cannelés de tourmaline dans les pegmatites entre Sorbiers et Valfleury ainsi qu'à Montbrison ; dans le quartz des pegmatites des environs de Molières, au N.-O. d'Essertines (cristaux bruns bacillaires) ; à Chagnon près Rive-de-Gier (grands prismes noirs), aux environs d'Albuzy.

M. Termier m'a indiqué le même minéral en cristaux nets dans la pegmatite injectant le gneiss à la Croix de Montvieux (massif du Pilat), dans la pegmatite à biotite du Pont de la Sumène, près Saint-Victor-Malescours (cristaux petits, mais très nets) dans les glandules granulitiques des gneiss de l'étang de Couzon près Rive-de-Gier

Rhône. La tourmaline est extrêmement abondante dans les granulites et gneiss granulitisés du Lyonnais ; les cristaux parfois très volumineux présentent très rarement des formes déterminables.

Les seuls cristaux transparents que je connaisse dans cette région proviennent des environs de Mornant ; ils m'ont été communiqués par le frère Euthyme. Ce sont de petites aiguilles vert jaune ayant environ

6 mm de longueur; elles sont engagées dans une masse de quartz hyalin un peu trouble par place. Un des côtés de l'échantillon est recouvert de cristaux de quartz; la tourmaline est appliquée sur eux ou pointe dans la cavité; ses cristaux sont très fortement cannelés, ils sont analogues comme gisement à ceux de la Vilate décrits plus haut.

A Montagny, les cristaux de tourmaline dépassent parfois un mètre de plus grande dimension sur 0 m 40 de diamètre. Ce sont des prismes fortement cannelés et groupés en grand nombre à axes plus ou moins parallèles. Ils se trouvent dans une pegmatite à quartz rose : de gros cristaux ont été aussi trouvés à Verchery près Soucieux en Jarrest, dans les environs d'Orliénas, avec grenat.

A Francheville près Lyon, Drian signale des gerbes palmées de tourmaline atteignant 0 m 50 de plus grande dimension.

M. Michel Lévy m'a indiqué de très gros cristaux du même minéral à la Ronce en Coise. On le trouve aussi à Saint-Bonnet-le-Froid, au fort Saint-Jean à Lyon. Dans ce dernier gisement, de même qu'à Francheville, Fournet a remarqué autrefois que la tourmaline était localisée dans le quartz des filons de pegmatite dont les salbandes sont exclusivement feldspathiques.

M. Gonnard a signalé la fréquente association de l'apatite à la tourmaline à l'île Sainte-Barbe, à Beaunan, à Irigny, à Sainte-Foy, etc.; on la retrouve dans les mêmes conditions à la Maison-Blanche près Vaugneray, à Malataverne près Messimy.

Enfin le même minéral se rencontre en cristaux ou en houppes fibreuses dans les glandules des gneiss granulitiques vis à vis l'île Barbe, etc.

Drian signale d'après Thiollière (*op. cit.* 509) l'existence de la tourmaline verte dans les pegmatites que l'on rencontre sur le chemin de Chaponost à Saçugny.

Saône-et-Loire et Côte-d'Or. Les gneiss granulitiques du Morvan ainsi que les granulites et les pegmatites qui les traversent et les injectent sont très riches en tourmaline atteignant souvent de très grandes dimensions. Le gisement le plus important à signaler est celui du parc de Montjeu près Autun. La tourmaline s'y rencontre engagée dans le quartz gras d'une pegmatite à très grands éléments, riche en grenat, en béryl et en muscovite; les cristaux sont très cannelés et ne présentent souvent aucune face mesurable dans la zone verticale. Les sommets à faces nettes sont généralement formés par p $(10\bar{1}1)$; e^4 $(02\bar{2}1)$;

p, e^1; ou $p\,b^1$ ($01\bar{1}2$), (fig. 13). On peut encore citer les gisements suivants : Morlet, Marmagne, Saint-Symphorien-de-Marmagne, Mesvres, Broye, Luchet près Le Creusot, Saint-Pierre-de-Varennes, La Tagnière, etc. Dans tous ces gisements, la tourmaline est noire, fréquemment brisée et ressoudée par du quartz. Au moulin Petit près Cressy-sur-Somme, on trouve parfois la tourmaline noire en cristaux noirs peu nets, dans des géodes tapissées de cristaux de quartz (filons de quartz de pegmatite).

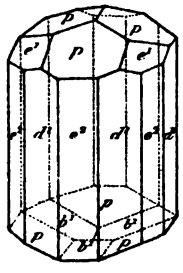


Fig. 13.
Tourmaline de Montjeu.

M. Michel Lévy a décrit (*B. S. M.* VI. 326. 1883) un curieux gisement de tourmaline bleue aux environs de Chapey près Marmagne (chemin allant de la Croix-Blanchot à Chapey près des hameaux des Naudiots et des Lartault). Dans cette localité, le gneiss gris est traversé par des veines minces de pegmatite rose associées à des veinules bleu lavande ne dépassant pas quelques centimètres.

L'examen microscopique de ces veinules bleues montre qu'elles sont constituées par un mélange de tourmaline bleue, d'orthose et de quartz; tous ces minéraux sont brisés; la tourmaline forme le ciment; ses fragments sont parfois si petits qu'ils agissent à peine sur la lumière polarisée. Il existe un peu de vermiculite secondaire. Ces veinules peuvent être considérées comme des sortes de brèches de friction microscopiques.

Vosges. — Delesse a signalé (*A. M.* 4e série XVI. 97) de gros cristaux de tourmaline dans les pegmatites de Saint-Etienne. Le Dr Carrière, MM. Vélain et Kampmann ont décrit ou m'ont indiqué le même minéral à Gérardmer, aux Xettes, à Tendon, à Ranfaing, aux Arrentès de Corcieux, à la Croix-aux-Mines, à Saint-Nabord (très abondante dans les pegmatites), à l'étang d'Huchère près Remiremont (avec mica palmé); dans les gneiss granulitiques à Saint-Nabord, à l'étang d'Huchère, à la Beheuille, au Chipal, à Lusse, à Combrimont et à Lubine.

[**Alsace**]. — Dans les gneiss et les granulites, à Sainte-Marie-aux-Mines, aux environs de Thauvillé, dans la vallée de Darmbach au Hohlandsberg près Colmar, aux environs de Guebwiller (Delbos et Köchlin. *Descrip. géol. et min. du Haut-Rhin*). M. Daubrée a signalé

(*Descrip. géol. et min. du département du Bas-Rhin* 1852. 418) dans les pegmatites des gneiss d'Urbeis des cristaux de tourmaline brisés et ressoudés par du quartz.

Alpes. — *Massif du Mnot-Blanc* (Savoie et Haute-Savoie). — Cristaux volumineux, mais sans sommets, dans les pegmatites du lac Cornu et des Poyettes, près Chamonix et à la Tête-Rouge du Brévent. M. Brun me l'a signalée dans le quartz des pegmatites de l'aiguille du Tour (3400 m). M. Michel Lévy en a indiqué (*B. C. F.* III n° 27. 33. 1891) de gros cristaux dans les granulites injectant les schistes micacés de la crête dominant le col de Tricot (versant occidental du Mont-Blanc); dans les filons de granulite perçant le granite de Vallorsine, etc.

Dauphiné. — *Isère*. Lévy a décrit et figuré (*Descrip. coll. Heuland Atlas* pl. XXXVIII. fig. 2) un cristal de tourmaline incolore de la forme d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$, p $(10\bar{1}1)$, accompagnant le quartz et l'anatase sur une diorite (amphibolite) du Dauphiné ; il est possible que l'échantillon en question doive être rapporté à la phénacite de même que le cristal décrit autrefois par M. Marignac (Voy. à phénacite).

Héricart de Thury, dans sa description des minéraux de Chalanches près Allemont (*J. M.* XX. 58. 1806), indique l'existence de beaux cristaux de tourmaline dans une granulite rencontrée dans d'anciennes recherches faites sur le filon de Lafare. Les cristaux atteignent plusieurs centimètres de diamètre constituant parfois des masses cylindroïdes. D'après les indications de l'auteur, il semble que les cristaux de ce gisement présentaient les formes suivantes : e^2, d^1, p, e^1, b^1, a^1.

Esterel. — *Var*. Dans l'Esterel, la tourmaline est assez abondante. Dans les environs de Sainte-Maxime et de la Garde Peinet, M. Segond m'a indiqué des cristaux de ce minéral atteignant plusieurs centimètres. On le rencontre en petits cristaux nets dans les micaschistes à minéraux de la Verne, des environs de Campeaux, de Collobrières, à la Molle, à l'île du Levant, avec disthène, staurotide et grenat.

Dans l'Esterel, M. Wallerant indique la tourmaline dans les granulites au nord de Bagnols.

Corse. — La tourmaline existe dans les granulites et les schistes cristallins de la Corse, mais je n'ai aucune indication précise de gisement.

Algérie. — *Oran.* M. Pouyanne m'a indiqué l'existence de belles tourmalines noires dans un petit îlot de granulite au milieu des schistes anciens du territoire de Beni-Bou-Saïd. Le même minéral se trouve dans la granulite perçant le granite de Nedroma, au sud de Nemours.

Alger. Je dois à l'obligeance de M. Delage une véritable roche de tourmaline formée de très petites aiguilles noires dont le polychroïsme a été étudié plus haut ; elle se trouve dans les schistes cristallins à l'Agha, près Alger (Delage, Sahel d'Alger).

La collection du Museum renferme de gros cristaux $d^1\ e^2\ p$ recueillis par M. Renou dans les pegmatites du boulevard Bonne-Nouvelle, à Alger (Mustapha), ainsi que de gros cristaux brisés provenant des pegmatites de Bouzaréah, à l'ouest d'Alger.

La collection de l'école des Mines possède un échantillon d'une roche à tourmaline microcristalline provenant de la route du Fort national au col de Tirourba (Kabylie).

Constantine. D'après M. Parran (*B. S. G.* 3e série. XI. 507. 1883) la tourmaline est abondante dans les filons de quartz des pegmatites traversant les gneiss du massif de l'Edough près Bône : elle se développe aussi dans les gneiss granulitiques de la même région.

MM. Curie et Flamand indiquent le même minéral aux environs de Djebel Filfila en deux points, l'un vers l'embarcadère Lesueur, l'autre au viaduc de la route nouvelle d'Aïn Mokra.

Nouvelle-Calédonie. — La tourmaline existe à la Nouvelle-Calédonie dans les micaschistes et dans les filons de quartz les traversant. L'exposition permanente des colonies renferme un échantillon provenant du Mont d'Or recueilli par M. Garnier.

Guyane. — Dans les sables aurifères de l'Approuague en fragments roulés. Des cristaux et des masses fibreuses de tourmaline engagés dans des pegmatites provenant de la Guyane ont été envoyés à l'Exposition de 1878 sans désignation plus précise.

Madagascar. — Depuis fort longtemps, on exporte de Madagascar, en même temps que le quartz hyalin employé pour l'optique des cristaux de tourmaline de couleurs très variées.

Jusqu'à présent aucun renseignement n'a été fourni sur leur gisement exact par le petit nombre d'auteurs qui ont eu l'occasion d'étudier Madagascar au point de vue géologique.

M. Grandidier a bien voulu me donner quelques indications précieuses à ce sujet. Je dois à son obligeance un fragment de granulite renfermant de petits cristaux de tourmaline ($^1/_2\ e^2, d^1, p, e^1, a^1$) ; il provient des bords de la Manandona ; cette rivière contourne le massif d'Ibity (20° 6′ de latitude S. et 44° 39′ long. E. ; à 140 km. dans le Sud 25° O. d'Antananarivo : altitude 2260) et se jette peu après dans le Manïa. M. Grandidier a vu la tourmaline en grande abondance dans la vallée de la Manandona et dans la partie de la vallée de la Mania, qu'il a explorée, à l'est du confluent de ces deux rivières.

D'après le même savant, elle se trouve dans les mêmes conditions (granulites, pegmatites et quartz de pegmatites) sur le versant ouest du massif central à 1.800 m. E. de la halte d'Amboasary (20° 49′ lat. S. et 43° 25′ long. E.).

Comme, d'autre part, la province centrale de Madagascar (prov. d'Imérina, capit. Antananarivo) est constituée en grande partie par des schistes cristallins (*gneiss*, *micaschistes*, *cipolins*) au milieu desquels les granulites et les pegmatites sont abondantes, il y a lieu de penser que ce sont ces dernières roches qui ont fourni les beaux échantillons qui arrivent en Europe. Ces cristaux de tourmaline sont rarement intacts, ils sont souvent arrondis et n'adhèrent à aucune gangue ; ils ont dû, au moins en partie, être recueillis dans des terrains de transport résultant de la désagrégation des roches indiquées plus haut.

Notons aussi que M. Damour a analysé (*B. S. M.* IX. 153. 1886) un béryl rose, qui lui a été donné comme provenant de Farafatrana, au nord de Tamatave ; il était accompagné de tourmaline et de triphane rose.

Enfin M. Jannasch a publié l'analyse d'une tourmaline provenant de Tamatave.

Les cristaux de tourmaline noire de Madagascar sont généralement simples de formes, très allongés suivant l'axe vertical, très cannelés sur les faces prismatiques ; d'ordinaire, trois faces e^2 seulement sont développées ; les faces p ($10\bar{1}1$) sont les plus habituelles, elles sont parfois accompagnées de e^1 ($02\bar{2}1$). Ces cristaux dépassent parfois 17 cm de longueur sur 10 cm de diamètre.

La collection de l'Ecole des Mines (*coll. Adam*) possède un curieux cristal de tourmaline de Madagascar présentant un faciès très différent ; les faces prismatiques sont à peine développées, l'une des extrémités

est formée par le rhomboèdre $p(10\bar{1}1)$, tandis que l'autre est constituée par une large base, présentant les cannelures en gradins, parallèles aux côtés, qui font revenir à plusieurs reprises les faces b^1 (fig. 14). Il existe aussi des traces de p qui n'ont pas été indiquées sur la figure.

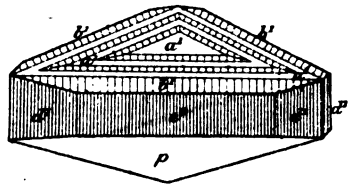


Fig. 14.
Tourmaline de Madagascar.

Les tourmalines hyalines présentent de nombreux types. On y observe toutes les variétés de rouge, rouge violacé, rose, jaune, bleuâtre et vert. Très souvent, les cristaux sont constitués comme ceux du Brésil par des enveloppes concentriques de couleur différente. J'ai pu étudier quelques-uns des échantillons que M. Grandidier a donnés au Museum. L'un est jaune au centre et rose violacé sur les bords ; dans un autre, le centre, rose, est séparé de la périphérie vert angélique par une mince zone incolore et jaune à l'extérieur. Les indices de réfraction que j'ai donnés plus haut montrent les variations des propriétés optiques dans les cristaux diversement colorés.

Ces tourmalines de couleur claire sont souvent transparentes sous une grande épaisseur et constituent de véritables pierres fines, comparables à celles de Ceylan et du Brésil. Elles arrivent rarement en Europe avec des formes nettes ; elles forment soit des masses cylindroïdes, soit des fragments de cristaux brisés, dont les faces de la zone verticale sont fortement cannelées. Cependant M. Grandidier a donné à la collection du Museum un superbe cristal transparent rouge foncé, aplati suivant une face prismatique et terminé par le rhomboèdre p $(10\bar{1}1)$; c'est le plus grand cristal de rubellite que j'ai eu l'occasion de voir jusqu'à ce jour. Un fragment de cristal jaune et rouge montre au sommet les faces a^1, b^1, p.

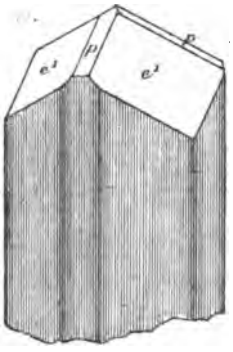


Fig. 15

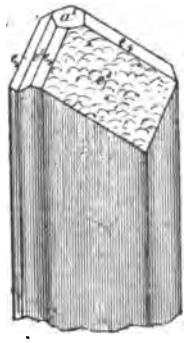


Fig. 16.[1]

Tourmaline de Madagascar.

1. Par suite d'une erreur de gravure, les symboles des deux faces contiguës e_2 et e^1 de la partie gauche de la figure 16 ont été intervertis.

D'autre part, M. Damour possède dans sa collection deux beaux cristaux : l'un d'eux (fig. 15) est terminé par e^1 $(02\bar{2}1)$ et p $(10\bar{1}1)$. Il est d'un beau rose : le second, rose à une extrémité, est jaune verdâtre à l'autre ; l'extrémité rose est terminée par une large face e^1 ondulée, par une autre face e^1 peu développée et par e_2 $(12\bar{3}2)$ dont 4 faces seulement sont visibles : le cristal profondément cannelé suivant l'axe vertical est un peu aplati. Toutes les faces qui devraient se trouver en arrière de la figure 16 manquent complètement.

2° Tourmaline développée indépendamment de l'action des roches granulitiques.

a) *Dans calcaire et gypse sédimentaires*

La tourmaline de ce genre de gisement s'observe dans les Pyrénées et l'Algérie. Elle est généralement accompagnée de leuchtenbergite, de rutile, de pyrite, parfois de magnétite, de dipyre, d'albite. Elle semble résulter du métamorphisme de calcaire exercé par des sources thermales ayant accompagné la venue des roches ophitiques. Je ne crois pas toutefois que ces dernières roches aient joué un rôle actif dans la production de ces minéraux; elles ont plus vraisemblablement précédé la venue de ces sources thermales qui les ont souvent modifiées elles-mêmes plus ou moins profondément (développement de quartz, hématite, altérations profondes, etc.).

Les tourmalines de ces gisements sont magnésiennes, souvent transparentes (incolores, vertes ou brunes de diverses nuances) et toujours en cristaux nets, généralement bipyramidés et montrant bien l'hémimorphisme caractéristique de la substance. Les formes sont plus complexes que dans les tourmalines des granulites. C'est là que nous trouvons toute une série de formes rares. Les cristaux ne sont jamais très allongés suivant l'axe vertical, ils sont très souvent aplatis suivant la base.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées.* Dans le courant de l'année 1878, M. des Cloizeaux a eu l'occasion d'étudier de jolis cristaux de tourmaline brune achetés par M. E. Frossard comme provenant de la région des Eaux-Bonnes. M. des Cloizeaux y découvrit une série de faces nouvelles $w = e_{2/9}$ $(7.11.\bar{1}\bar{8}.2)$, $\pi = e_{1/4}$ $(35\bar{8}1)$, $\varphi = e_{2/5}(3.7.\bar{1}\bar{0}.2)$, $u = e_{5/8}$ $(3.13.\bar{1}\bar{6}.5)$, β $(34\bar{7}2)$, ε $(12\bar{3}1)$, $d^{11/5}$ $(11.5.\bar{1}\bar{6}.6)$. Ces faces étant très petites, arrondies, et, par suite, leurs mesures étant incertaines, M. des Cloizeaux conserva ses observations en carton jusqu'en 1882, époque à laquelle il les communiqua à M. Seligmann qui les a

publiées dans son mémoire sur la tourmaline de Dekalb (*Z. K.* VI. 225 et pl. v. fig. 5). Entre temps, M. des Cloizeaux avait appris que ces tourmalines engagées avec pyrite dans du gypse provenaient des environs de Sainte-Colomme (appelé quelquefois Sainte-Colombe). Tous les échantillons de ce minéral ont été recueillis par un marchand de Pau.

Je me suis rendu sur les lieux et j'ai pu m'assurer qu'ils ne provenaient pas de cette localité, mais d'une commune voisine, de Lys. L'exploitation qui les a mis au jour est aujourd'hui abandonnée par suite d'une inondation.

La tourmaline se trouve soit dans le gypse, soit dans le calcaire ; elle est accompagnée d'une leuchtenbergite à un axe positif et de jolis petits cristaux aciculaires souvent maclés de rutile.

De beaux octaèdres de magnétite ont été également trouvés dans le calcaire, mais ils ne se rencontrent pas dans les mêmes échantillons que la tourmaline.

La même carrière a fourni aussi de grands cristaux transparents de gypse, des cristaux de sphène, de grenat jaune, de quartz, d'oligiste. Ces quatre derniers minéraux tapissent les fissures d'une roche ophitique altérée.

Les tourmalines de ce gisement, malheureusement épuisé, sont les plus intéressantes que l'on ait trouvées en France.

Les nombreux cristaux que j'ai eu l'occasion d'étudier m'ont été communiqués par MM. des Cloizeaux, Frossard, Gourdon et de Gramont.

Ils se rapportent tous au même type : ils sont peu allongés suivant l'axe vertical, ou même souvent aplatis suivant la base. Dans la zone verticale, trois faces e^2 dominent, d^1 est toujours présent, les faces k ($41\bar{5}0$) sont très nettes et très brillantes.

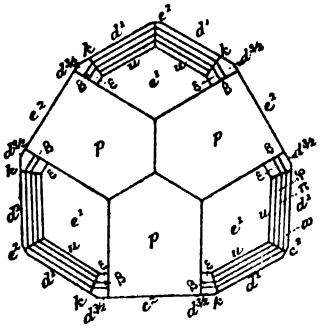


Fig. 17.

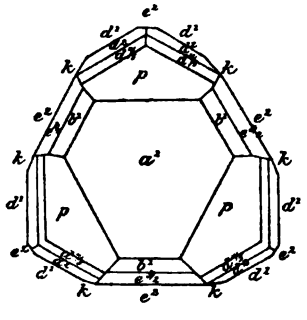


Fig. 18.

Tourmaline de Lys.

M. des Cloizeaux m'a fait remarquer que de même que dans les cristaux de Dekalb décrits par M. Seligman, les faces p du

sommet dépourvues de a^1 (0001) se trouvent au dessus des faces e^2 les plus largement développées. Une des extrémités est généralement constituée par p (dominant) et e^1, l'autre par une large base a^1 accompagnée de p et de b^1 généralement très peu développée.

C'est sur des cristaux ainsi constitués que M. des Cloizeaux a trouvé les faces rares énumérées plus haut. Elles sont généralement arrondies et ne se rencontrent jamais réunies ensemble dans un même cristal.

Les cristaux riches en faces sont petits et très irrégulièrement développés ; les formes compliquées ne s'y trouvent pas complètes.

Les fig. 17 et 18 représentent les projections des deux sommets sur lesquelles ont été réunies schématiquement toutes les formes connues dans ce gisement. On voit que les faces $e^{3/2}$, d^2, $d^{11/5}$ ne se trouvent qu'à l'extrémité présentant la base, alors que toutes les autres faces rares se trouvent au sommet dans lequel le rhomboèdre p domine.

Parmi les cristaux que je dois à l'obligeance de M. de Gramont, il s'en trouve de petits, transparents, dont un des sommets est constitué par les faces p ($10\bar{1}1$), e ($02\bar{2}1$), $d^{3/2}$ ($32\bar{5}1$) à peu près également développées (fig. 19). Ces cristaux ressemblent beaucoup à ceux de Gouverneur.

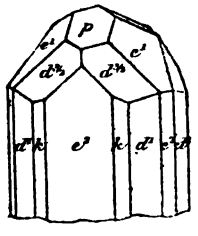


Fig. 19.
Tourmaline de Lys

Indépendamment des formes qui ont été énumérées plus haut, j'ai observé un certain nombre de faces qui semblent nouvelles, mais qui sont trop arrondies pour qu'il soit possible de les déterminer avec certitude.

Les plus grands cristaux que j'ai eu l'occasion d'observer ont 3 cm de diamètre sur 1 cm 5 de hauteur. Ils m'ont été communiqués par M. de Gramont.

Ariège. M. des Cloizeaux a signalé en 1862, dans son *Manuel* (p. 511), des cristaux de tourmaline dans le gypse d'Arnave, près Tarascon. Les cristaux recueillis à cette époque sont bruns, fragiles ; ils présentent les formes d^1 ($11\bar{2}0$), e^2 ($10\bar{1}0$) ; l'une de leurs extrémités est formée par p ($10\bar{1}1$), l'autre par p et a^1 (0001) généralement réduite à une petite facette. Ils sont engagés dans une leuchtenbergite à axes très rapprochés (bissectrice positive).

J'ai examiné à plusieurs reprises depuis quatre ans la carrière de gypse d'Arnave ; j'y ai rencontré la tourmaline dans des lits minces ou dans des nodules dans lesquels elle abonde en cristaux dépassant rarement

8 mm. Le gypse de ce gisement résulte de l'hydratation d'anhydrite formée elle-même par la sulfatisation de calcaires (probablement triasiques), riches en minéraux métamorphiques (*dipyre*, *amphiboles*, *chlorites*, *pyrite*, etc.), qui seront étudiés à leurs chapitres respectifs et qui se trouvent aussi bien dans les calcaires que dans les sulfates.

La tourmaline est facile à dégager de sa gangue, surtout lorsque celle-ci est hydratée. Elle existe souvent seule ou associée à un peu de leuchtenbergite. Dans d'autres cas, elle est accompagnée par de l'actinote. Les cristaux sont d'autant plus gros qu'ils sont plus rares.

En 1891, j'ai observé dans le gypse un banc mince de quelques centimètres d'épaisseur constitué par une roche jaune verdâtre s'écrasant sous la pression du doigt et donnant une poussière à aspect terreux. L'examen au microscope montre qu'elle est uniquement constituée par des cristaux bipyramidésde tourmaline ayant moins de 0mm20 de millimètre, associés à de petites aiguilles d'actinote. Ces petits cristaux de tourmaline ont la même forme que les cristaux plus gros. Je ne crois pas que l'on ait jamais rien signalé de semblable.

Tous mes cristaux sont transparents, d'un brun jaune foncé, analogues à ceux de Lys; leurs formes sont toujours les mêmes, ils sont très aplaties suivant la base. Ils présentent dans la zone verticale d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$ et souvent k $(41\bar{5}0)$. Un des sommets est constitué par p $(10\bar{1}1)$ avec ou sans e^1 $(02\bar{2}1)$, l'autre par a^1 (0001) très développé avec p et souvent de très petites facettes b^1 $(01\bar{1}2)$.

Fig. 20.
Cristal de tourmaline du marbre de Saint-Béat écrasé et brisé.

Haute-Garonne. M. Gourdon a découvert des cristaux de tourmaline chromifère dans le calcaire saccharoïde jurassique de Saint-Béat. Ils se rencontrent dans la carrière du pic de Rié (Arié de la carte d'Etat-Major), à droite de la route de Marignac, avant d'arriver à Saint-Béat ; j'en ai recueilli aussi un échantillon dans la carrière située au dessus du bourg : elle est y est très rare. Les cristaux d'un beau vert émeraude atteignent souvent plusieurs centimètres dans la direction de l'axe vertical suivant lequel ils sont allongés. Ils diffèrent donc tout à fait comme aspect de ceux des deux gisements précédents. Ils ont été soumis à des phénomènes dynamiques très violents qui les

ont brisés, aplatis. On les trouve presque toujours réduits en nombreux fragments ressoudés par du calcaire, ainsi que le montre la fig. 20 dessinée d'après un échantillon qne m'a donné M. Gourdon. Il est par conséquent très difficile d'observer des formes nettes. J'ai trouvé la base sur un petit cristal, les faces de la zone verticale sont toujours profondément cannelées. J'ai récemment recueilli dans ce gisement de petits cristaux transparents de tourmaline d'un vert moins éclatant que les précédents ; ils sont analogues à quelques-uns de ceux qui vont être décrits en Algérie.

Dans cette même carrière de Rié, on trouve de la *phlogopite*, de la *fuschite*, de la *fluorine*, du *soufre natif*, du quartz, etc.

Algérie. — *Alger*. MM. Nicaise et Montigny ont découvert la tourmaline dans des calcaires secondaires à 4 km. en amont du confluent de l'Oued-Bouman et de l'Oued-Harrach (à 16 km. à vol d'oiseau de Blidah). Ces cristaux ont d'abord été décrits comme *topaze* et *émeraude* par M. Nicaise (*C. R.* XL. 1241. 1855) et par M. L. Ville (*C. R.* XLI. 698. 1855). M. des Cloizeaux, qui a cité ce gisement dans son *Manuel* (p. 505), a bien voulu me communiquer quelques cristaux en provenant. Ils sont extrêmement jolis, dépassant rarement de 2 à 3^{mm}. Ils sont tantôt allongés suivant l'axe vertical, tantôt raccourcis et presque lenticulaires. Les formes sont absolument les mêmes que celles des cristaux d'Arnave ; les faces b^1 $(01\bar{1}2)$ y sont seulement plus développées.

Ces tourmalines sont incolores, vertes de différents tons jusqu'au vert émeraude, jaune pâle, ou jaune madère très foncé ; quelques cristaux sont vert émeraude à l'une des extrémités et incolores à l'autre. Le grand développement de trois faces e^2 $(10\bar{1}0)$ leur donne souvent une forme triangulaire analogue à celle de la fig. 6. Les faces sont souvent très nettes.

D'après M. Ville (*C. R. op. cit.* et *Notice minér. sur les provinces d'Oran et d'Alger*. Paris. 1858. 165), ces tourmalines se trouvent aussi bien dans les calcaires que dans les gypses provenant de leur transformation. Suivant le même auteur, ces cristaux seraient en outre connus par les indigènes comme existant dans divers ravins tombant de l'Atlas dans la plaine de la Metidja.

M. Delage a indiqué dans sa *thèse* (Montpellier, p. 153) l'existence du même minéral dans des calcaires des environs du village de l'Arba, non loin de l'Oued-Djemma (affluent de l'Oued-Harrach). Les cristaux

qu'il m'a donnés présentent les mêmes formes que ceux du gisement précédent; ils sont toutefois plus gros, moins nets et très rarement entiers. Leur couleur est le vert de diverses nuances. Je n'ai observé qu'un seul cristal jaune madère à faces très nettes. J'ai donné plus haut leur densité et leurs indices de réfraction; ils appartiennent au type magnésien et fondent facilement en un verre blanc laiteux. On les trouve avec pyrite (transformée en oxyde hydraté), petits cristaux de quartz, chlorite blanche positive, rutile et albite (cristaux très rares ayant les formes de ceux des calcaires de Pouzac), dans les parties spathiques d'un calcaire renfermant d'après M. Delage des cristaux allongés et toujours creux de quartz.

Suivant cet auteur, ainsi que d'après MM. Curie et Flamand, les roches renfermant ces tourmalines seraient dues à la transformation de calcaires crétacés. L'origine, sinon l'âge de ces minéraux, serait donc la même que celle des tourmalines de Lys et d'Arnave avec lesquelles, comme nous venons de le voir, ils présentent la plus grande analogie de forme.

3° *Tourmaline développée dans les schistes par métamorphisme général.*

Je rappellerai ici pour mémoire que la tourmaline est extrêmement abondante comme élément *microscopique* des schistes modifiés par métamorphisme général (schistes ardoisiers, schistes à séricite) de Bretagne, du Plateau central, des Ardennes, des Alpes, etc. Elle s'y présente sous forme de très fines aiguilles et parfois de cristaux très nets possédant les propriétés habituelles de la tourmaline. Il est facile de les extraire de ces schistes par l'action de l'acide fluorhydrique.

4° *Dans les roches clastiques.*

Enfin la tourmaline se rencontre en cristaux brisés dans les sables de toutes les rivières et de toutes les côtes des régions constituées par les roches anciennes : elle provient alors de la désagrégation de ces dernières.

On la rencontre aussi dans les formations clastiques de toute la série géologique : elle y a une origine analogue.

A ce point de vue, il est intéressant de faire remarquer qu'on la trouve dans des roches sédimentaires parfois très éloignées des massifs anciens. On peut particulièrement citer certains sédiments crétacés du bassin de la Seine.

CARPHOLITE

H^4 Mn Al^2 Si^2 O^{10} (Hintze)

Orthorhombique : *mm* = 111° 27′ (Kenngott)

Faciès. La carpholite ne se rencontre jamais en cristaux nets, mais en masses fibreuses constituées par des aiguilles très allongées, groupées en agrégats parallèles ou divergents.

Clivages. Clivage parallèle à l'allongement. Cassures transversales.

Dureté, 5.

Densité. 2.876 (Meuville, de Koninck). 2. 9.

Coloration. Jaune paille, jaune verdâtre ; le minéral est transparent en lames minces. Poussière blanche.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à l'allongement. Bissectrice aiguë *négative* perpendiculaire à l'axe vertical.

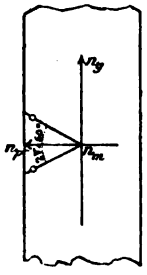


Fig. 1.

Les fibres ont donc un allongement positif (trace de n_g) (fig. 1).

$$\mathbf{n_g - n_p} = 0{,}022 \text{ environ}$$

L'indice médian est d'environ 1.63. L'écartement des axes optiques est variable dans les échantillons des diverses localités, il atteint :

$$2\,\mathbf{V} = 60° \text{ environ}$$

(Dans nos *Minéraux des Roches*, nous avons, M. Michel Lévy et moi, considéré ce minéral comme monoclinique à cause de l'extinction légèrement oblique que nous avaient présentée quelques lames. L'étude de petites aiguilles de Meuville et de Schlaggenwald me conduisent à considérer le minéral comme réellement rhombique.)

Pléochroïsme. La carpholite est jaune en lames minces et possède un pléochroïsme net avec

$\mathbf{n_p}$ = incolore
$\mathbf{n_m}$ et $\mathbf{n_p}$ = jaune d'or

Le maximum d'absorption a donc lieu transversalement aux fibres. L'intensité de la coloration est variable et, dans la carpholite de Meuville, il n'est pas rare de trouver des aiguilles d'un jaune foncé à l'une des extrémités et incolores à l'autre.

Composition chimique. L'analyse suivante de la carpholite de Meuville est due à de Koninck (*Acad. Roy. Belg.* XLVII 564. 1879) :

SiO^2	37.15
Al^2O^3.....	30.11
Fe^2O^3.....	2.27
MnO.....	17.97
MgO.....	0.41
Alcalis.....	0.54
CaO.....	0.33
H^2O	11.22
	100.00

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, se gonfle en dégageant une lueur rouge, blanchit, puis fond difficilement en un verre blanc transparent. Avec les flux, donne les réactions du fer et du manganèse.

Donne de l'eau dans le tube.

Peu attaquable par les acides.

Diagnostic. La carpholite de Meuville pourrait être confondue avec l'ardennite, surtout quand elle est imprégnée d'oxyde de fer et de manganèse. Les caractères au chalumeau (fusibilité) permettent de la distinguer aisément. Les propriétés optiques sont également caractéristiques (signe positif de l'allongement, etc).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Plateau central. — *Rhône.* J'ai rencontré la carpholite (*B. S. M.* VII. 461. 1884) en très rares petites aiguilles blanc jaunâtre dans les filons de quartz plombifère de Monsols près Beaujeu, avec cuivre natif, chrysocole, galène, etc.

[**Ardenne Belge**]. — L. de Koninck a décrit (*Ac. Belg.* LXV. 15. 1878 et XLVII. 564. 1879) la carpholite dans les filons de quartz qui se trouvent dans les schistes paléozoïques entre Meuville et Xhierfomont. Elle y forme des masses fibreuses jaunes et des agrégats divergents, localement colorés en noir ou en brun foncé par des inclusions de pyrolusite.

J'ai pu examiner l'échantillon donné par ce savant à l'Ecole des Mines ; c'est sur ce spécimen que j'ai étudié les propriétés optiques données plus haut.

BERTRANDITE

$H^2Gl^4Si^2O^9$

Orthorhombique : $mm = 121° 20'$ (Bertrand)

$b : h :: 1000 : 511{,}814$. $D = 871{,}784$. $d = 489{,}889$

$[a : b : c = 0{,}56193 : 1 : 0{,}58709]$

Formes observées : p (001), m (110), h^1 (100), h^2 (310), g^1 (010), g^2 (130), e^1 (011), $e^{1/3}$ (031).

Macles. Des macles peu fréquentes avec angle rentrant voisin de 60° s'observent avec g^2 (130) ou $e^{1/3}$ (031) pour faces d'association.

	angles calculés	angles mesurés		angles calculés	angles mesurés
mm	121°20′	121°20′ 121°22′ (Lx.)	g^2g^2 (sur h^1)	61°21′	61°10′ (Lx.)
			g^2g^1	149°19′	149°42′ (Dx.)
mh^1	150°40′				
mh^2	161°16′	161°10′ (Lx.)	pe^1	149°35′	149°24′ (Lx.)
mg^1	119°20′	119°19′ (Lx.)	$pe^{1/3}$	119°35′	
mg^2	150°1′	150° (Bertrand)	e^1e^1 (sur p)	119°10′	
h^1h^2	169°23′		e^1g^1	120°25′	120°25′ (Bertrand)
h^1g^2	120°41′	120°3′ (Dx.)	$e^1e^{1/3}$	150°	
h^1h^2 (sur h^1)	156°47′		$e^{1/3}e^{1/3}$ (sur p)	59°10′	
h^2g^2	131°17′		$e^{1/3}g^1$	150°25′	
h^2g^1	100°37′				

Faciès des cristaux. Les faces p (001) sont brillantes et possèdent un éclat nacré très vif ; elles sont parfois striées parallèlement à l'arête $p\,g^1$ (001) (010) ; les faces g^1 (010) sont brillantes et possèdent l'éclat vitreux ; les faces m (110) et parfois les autres faces de la zone verticale portent des stries parallèles à leurs intersections mutuelles.

Les cristaux sont toujours aplatis, tantôt suivant p (001) (fig. 2, 8 à 11), tantôt suivant g^1 (010) (fig. 3 à 6) ; souvent, en outre, ils sont allongés suivant l'arête $p\,g^1$ (001) (010) (fig. 10 et 11). Ces deux aplatissements différents, joints à l'inégal développement des faces de la zone verticale donnent des faciès très variés aux cristaux provenant des divers gisements.

D'après les observations de M. Penfield sur la bertrandite américaine, ce minéral est *hémimorphe* par rapport à l'axe vertical et *pyroélectrique* :

les cristaux français que j'ai eus entre les mains ne m'ont pas permis de vérifier avec exactitude cette observation.

Clivages. La bertrandite possède des clivages suivant p (001), h^1 (100), g^1 (010), m (110) plus ou moins faciles et se présentant soit ensemble, soit séparément dans les cristaux de certaines localités particulières étudiées plus loin.

Dureté : 6 environ.

Densité : 2.586 (Barbin, *Damour*), 2.593 (Petit Port, *Bertrand*), 2.594 (La Chapelle-s.-Erdre), 2.602 (La Villeder).

Coloration. Incolore ou jaunâtre. Eclat vitreux, éclat nacré sur p (001). Poussière blanche.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë négative perpendiculaire à h^1 (100). Dispersion faible avec $\rho < v$.

Les cristaux français sont trop petits pour se prêter à la mesure des indices. Nous avons obtenu M. Michel Lévy et moi pour les cristaux du Mont Antero (Colorado) les valeurs suivantes (Na) :

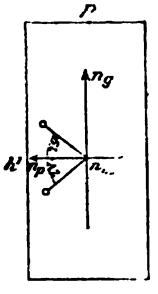


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

$$\mathbf{n_g} = 1.611$$
$$\mathbf{n_m} = 1.593$$
$$\mathbf{n_p} = 1.588$$

La biréfringence maximum est donc de $n_g - n_p = 0{,}023$.

L'écartement des axes est grand ; pour le jaune on a :

$$2\,\mathbf{V} = \begin{cases} 74°51' & \text{Barbin (Bertrand)} \\ 76° & \text{La Chapelle-s.-Erdre (Lx)} \end{cases}$$

Composition chimique. La formule donnée plus haut correspond bien aux données de l'analyse suivante due à M. Damour (*B. S. M.* VI. 252. 1886).

SiO^2.....	49.26
GlO.....	42.00
Fe^2O^3.....	1.40
H^2O.....	6.90
	99.56

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, la bertrandite est infusible,

mais devient blanc opaque. Dans le matras, au rouge naissant, le minéral reste transparent sans perdre d'eau. Ce n'est qu'au rouge orangé qu'il perd 6 à 7 % de son poids en devenant blanc opaque. L'eau dégagée est faiblement acide et ne dépolit pas le verre.

Insoluble par les acides.

Altérations. La bertrandite n'est jamais épigénisée par d'autres minéraux. La teinte jaunâtre que présentent parfois quelques cristaux est due à de la limonite ayant imbibé le minéral. Un traitement rapide à l'acide chlorhydrique suffit à les purifier.

Diagnostic. L'éclat nacré de la face *p* (001) permet de reconnaître aisément le minéral dont les formes sont en outre assez caractéristiques. Les propriétés optiques permettent de le distinguer de certaines zéolites et de la muscovite quand il est réduit aux faces *p m* (001) (110). La face g^1, en effet, offre en lumière polarisée parallèle une extinction parallèle à ses côtés avec signe négatif suivant l'arête *p* g^1 ; elle est parallèle au plan des axes optiques. La face *p* (001) est perpendiculaire à la bissectrice obtuse positive avec axes optiques très écartés (distinction avec une lame *p* de muscovite).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La bertrandite ne constitue jamais un élément de roche. Son gisement exclusif jusqu'à présent réside dans les granulites. Le quartz hyalin, l'apatite, l'albite et l'orthose en cristaux généralement nets l'accompagnent presque toujours (Loire-Inférieure). Je l'ai rencontrée dans des filons d'étain (Villeder) où elle s'est formée aux dépens du béryl : à Chanteloube elle est également associée au béryl.

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* C'est dans la Loire-Inférieure que la bertrandite a été découverte. Les premiers cristaux trouvés par M. Baret dans les granulites à Petit-Port près de Nantes, ont été étudiés par M. Bertrand qui, en 1880 (*B. S. M.* III. 96 et 111), les signala comme constituant une espèce nouvelle qui ne put être analysée à cette époque. En 1882, M. des Cloizeaux examina des cristaux d'un nouveau type trouvés par M. Baret à Barbin (Nantes) et établit (*B. S. M.* V. 176) leur identité avec le minéral de Petit-Port. Ce fut l'année suivante que, grâce aux nouveaux matériaux recueillis par M. Baret à Barbin, M. Damour put faire l'analyse de ce minéral rare qu'il dédia à M. Bertrand (*B. S. M.* VI. 252. 1886. Voy. aussi Bertrand, *id.* 248).

Les premiers cristaux découverts à Petit-Port sont aplatis suivant p (001) et présentent en outre les faces m (110) et g^1 (010) (fig. 2); ils sont blanc jaunâtre. Quelquefois, ils sont aplatis suivant g^1 (010).

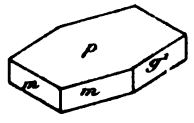


Fig. 2.
Bertrandite de Petit-Port.

Les cristaux de Barbin présentent plus rarement la première de ces formes. En général, ils sont aplatis suivant g^1 (010). Tantôt, comme les premiers cristaux décrits par M. des Cloizeaux, ce sont de petites lamelles transparentes très minces p (001), h^1 (100), g^1 (010) (fig. 3), avec parfois e^1 (011) et g^2 (130), cette variété est extrêmement rare ; tantôt les cristaux ont une certaine épaisseur et la face p (001) peut être facilement reconnue à son éclat nacré.

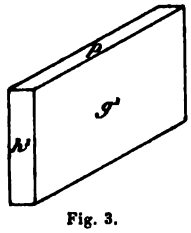


Fig. 3.
Bertrandite de Barbin.

Toutes les faces énumérées plus haut se rencontrent à Barbin. Dans la zone verticale, ce sont les faces m (110) et g^1 (010) qui dominent (fig. 4); h^1 (fig. 5), h^2 (310) et g^2 (130) sont plus rares : les faces e^1 (011) et $e^{1/3}$ (031) sont également peu fréquentes (fig. 6).

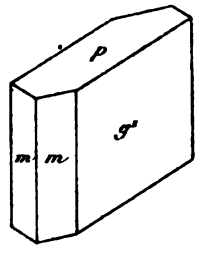


Fig. 4.

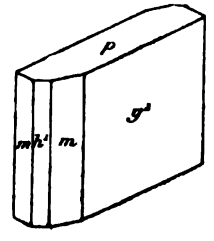


Fig. 5.
Bertrandite de Barbin

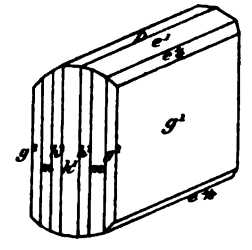


Fig. 6.

M. des Cloizeaux a signalé dans ce gisement une macle en cœur suivant g^2 (130) avec un angle rentrant de 60° 40′ (fig. 7). M. Bertrand y a trouvé la macle en cœur suivant $e^{1/3}$ (031) représentée par la figure 12.

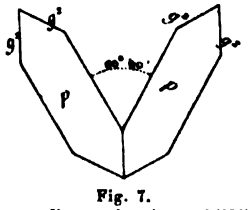


Fig. 7.
Bertrandite, macle suivant g^2 (130).

Le gisement de Barbin est aujourd'hui complètement épuisé.

Nous avons signalé, M. Baret et moi (*B. S. M.* XII. 527. 1889), la bertrandite à Orvault, près Nantes. L'unique échantillon étudié forme de petites lames tapissant une cavité grossièrement hexagonale qui semble

avoir été occupée primitivement par un béryl, minéral fréquent dans ce gisement. Les cristaux de bertrandite sont les uns aplatis suivant p (001), les autres suivant g^1 (010) ; leurs formes sont celles que représentent les figures 2 et 4.

Nous avons décrit, M. Baret et moi (*B. S. M.* XIV. 189. 1891), le même minéral à la Chapelle-sur-Erdre au lieu dit la Mercerie, près le pont de la Verrière. Les formes y sont très variées.

Les cristaux sont généralement aplatis suivant p (001) et ne présentent que rarement la forme représentée par la figure 5.

Le type le plus commun et qui, au moment de la découverte de ce gisement par M. Baret, était très rare, est celui qui résulte de la combinaison des faces p (001), m (110) (fig. 8), souvent accompagnée de g^1 (010) qui n'est jamais suffisamment développée pour masquer la forme losangique de ces lamelles (fig. 9). Les cristaux sont souvent adhérents à leur gangue par une face g^1 (010). Il existe un clivage suivant g^1 (010) partageant quelquefois le cristal en deux fragments triangulaires égaux qui déroutent au premier abord lorsqu'un seul de ces fragments reste adhérent à sa gangue.

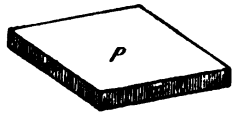


Fig. 8.

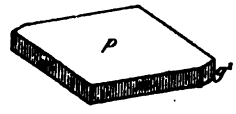


Fig. 9.

Bertrandite de la Chapelle-s.-Erdre.

Ces cristaux sont souvent transparents.

M. Baret a trouvé une petite géode remplie de cristaux complets bien isolés dans une argile jaunâtre.

Le second type constituant la majeure partie des premiers échantillons trouvés à la Mercerie, est formé par des cristaux allongés suivant l'arête $p\,g^1$ (001) (010) et en même temps très aplatis suivant p (001) (fig. 10 et 11); les cristaux n'ont pas de faces mesurables ; ils sont lamelleux, aussi l'éclat nacré suivant p (001) est-il très vif.

Les faces p (001) sont souvent très striées et passent parfois par des oscillations insensibles à des clinodomes voisins de e^1 (011). Quelques cristaux semblent présenter l'hémimorphisme par rapport à l'axe vertical.

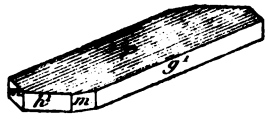


Fig. 10.

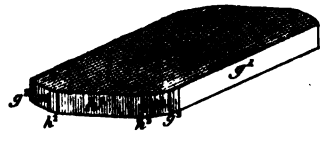


Fig. 11.

Bertrandite de la Chapelle-s.-Erdre.

Enfin M. Baret m'a communiqué plusieurs exemples de macles suivant $e^{1/3}$ (031) dans lesquels les cristaux maclés présentent individuellement soit (fig. 12) la forme de la figure 10, soit celle de la figure 9.

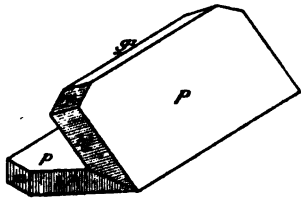


Fig. 12.
Bertrandite, macle suivant $e^{1/3}$ (031).

A la Chapelle-s.-Erdre, les cristaux atteignent 1^{cm} de plus grande dimension.

Morbihan. J'ai trouvé (*B. S. M.* XII. 514. 1889) dans la collection de M. de Limur de jolis cristaux de bertrandite recueillis autrefois par ce savant à la Villeder. Ils sont implantés sur quartz avec muscovite, cassitérite et béryl. Ils semblent s'être formés aux dépens de ce dernier minéral. M. Bacqua a bien voulu mettre, en outre, à ma disposition un échantillon du même gisement.

Deux des cristaux étudiés présentent environ 2^{cm} de plus grande dimension, les autres ont environ 0^{mm}5. Leur forme dominante est p (001), h^1 (100), g^1 (010); les faces de la zone verticale sont très cannelées; l'aplatissement suivant la base est marqué, les clivages suivant p (001) et g^1 (010) sont nets. Quelques cristaux présentent de petites facettes m (110) (fig. 13) et h^2 ainsi que des dômes qui n'ont pu être déterminés à cause de la petitesse des cristaux qui les présentent. Ces derniers sont colorés en jaune par des produits ferrugineux secondaires qui ont rendu leurs faces peu réfléchissantes.

Fig. 13.
Bertrandite de la Villeder.

Normandie. — *Orne.* J'ai trouvé quelques très petits cristaux blancs accompagnant l'apatite bleue sur un cristal d'orthose des granulites de la carrière de Pont-Percé, près d'Alençon, que je dois à l'obligeance de M. Le Tellier.

Sur l'un d'eux, j'ai pu constater à travers une face à extinction parallèle aux côtés que la bissectrice obtuse normale à la lame était positive. Il est probable que ces cristaux appartiennent à la bertrandite, mais il ne m'a été possible de faire aucun autre essai. Il faut espérer que des recherches ultérieures permettront de retrouver ce minéral et de trancher définitivement la question.

Plateau central. — *Haute-Vienne.* M. Michel a signalé (*B. S. M.* XIV. 76. 1891) de très petits cristaux p (001), h^1 (100), g^1 (010) de ber-

trandite dans les cavités du béryl de Chanteloube aux dépens duquel elle paraît s'être formée.

GROUPE DES HUMITES

$$H^2 (Mg, Fe)^{19} Si^8 O^{34} F^4$$

Ce groupe est constitué par trois minéraux dont l'un est orthorhombique (*humite*) et les deux autres monocliniques (*chondrodite* et *clino humite*).

Humite : $mm = 85° 35'$

$b : h = 1000 : 1288{,}381$. $D = 292{,}733$. $d = 316.228$

$[a : b : c = 1{,}08028 : 1 : 4{,}40131]$[1]

Chondrodite : $mm = 85° 35'$

$b : h = 1000 : 920{,}274$. $D = 292{,}733$. $d = 316{,}228$

$[a : b : c = 1{,}08028 : 1 : 3{,}14379]$

$zx = 90°$

Clinohumite : $mm = 85° 35'$

$b : h = 1000 : 1656{,}491$. $D = 292{,}733$. $d = 316{,}228$

$[a : b : c = 1{,}08028 : 1 : 5{,}65883]$

$zx = 90°$

Macles. Les cristaux monocliniques de ce groupe présentent des macles polysynthétiques suivant p (001). Il existe en outre des macles rares dont nous n'avons pas à nous occuper ici.

Faciès. Dans les gisements que nous étudierons, les humites ne se présentent jamais en cristaux nets, mais en grains arrondis sans allongement particulier.

Clivages. Clivage distinct suivant p (001), mais souvent peu marqué dans les lames minces.

Dureté. 6 et au dessus.

1. Contrairement à l'usage, on a pris $a > b$ pour mettre en évidence les analogies que présentent les trois minéraux de ce groupe. Ces paramètres sont ceux qui ont été donnés par vom Rath.

Densité. 3.1 à 3.2.

Coloration. Les minéraux de ce groupe se présentent en cristaux variant du jaune au brun rouge. Dans nos gisements, on distingue surtout deux couleurs dominantes : le jaune paille plus ou moins clair et le rouge orangé. La première variété est incolore en lames minces, la seconde jaune orangé vif.

Eclat vitreux. Les humites sont transparentes en petits fragments.

Propriétés optiques. Le plan des axes optiques est parallèle à p (001) dans la humite rhombique ; dans la clino-humite, il fait avec cette face un angle de 9 à 11° environ, et dans la chondrotite de 30°.

D'après les observations de M. des Cloizeaux (*Cristall. Assoc.* 16 juin 1876), il est orienté d'arrière en avant [1], c'est-à-dire de la direction négative a^1 ($\bar{1}01$) vers la direction positive o^1 (101). Dans les trois variétés, la bissectrice aiguë est *positive* et perpendiculaire à g^1 (010).

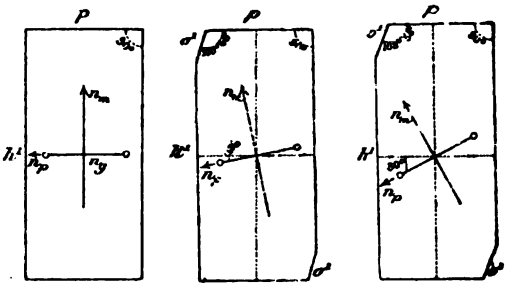


Fig. 1. Humite. Fig. 2. Clinohumite. Fig. 3. Chondrodite.

Face g^1 (010) des minéraux du groupe de la humite montrant la position du plan des axes optiques.

Il est assez fréquent de trouver des groupements réguliers de clinohumite, de chondrodite et de humite rhombique dans lesquels les faces h^1 des deux individus coïncident.

Dans les macles suivant p (001) des types monocliniques, l'extinction dans la face g^1 (perpendiculaire à la bissectrice n_g) est symétrique par rapport à la trace de macle.

Dans les faces de la zone $p\ h^1$ (001) (100), l'extinction est naturellement simultanée dans les deux séries de bandes hémitropes qui se distinguent l'une de l'autre par leur biréfringence, leur polychroïsme différents et enfin par leur obliquité plus ou moins grande sur les axes n_m et n_p.

1. Dans ce mémoire, M. des Cloizeaux a donné des paramètres différents de ceux qui ont été adoptés ici afin de paralléliser les propriétés cristallographiques et optiques de ces trois substances. C'est par une erreur d'interprétation de ce mémoire que nous avons indiqué, M. Michel Lévy et moi, dans nos ***Minéraux des roches*** que le plan des axes était orienté d'*avant en arrière*.

Nous avons mesuré, M. Michel Lévy et moi, les indices principaux de la chondrodite de Kafveltorp (Suède) et nous avons obtenu les valeurs suivantes pour la lumière du sodium :

$$\mathbf{n}_g = 1.639$$
$$\mathbf{n}_m = 1.619$$
$$\mathbf{n}_p = 1.607$$

ce qui donne pour la biréfringence maximum :

$$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0.032$$

nombre autour duquel oscille la biréfringence maximum des divers membres du groupe de la humite; elle atteint 0,038 dans quelques variétés.

L'angle des axes optiques est grand. J'ai obtenu sur un échantillon de clinohumite d'Arignac (lumière du sodium).

$$2\,\mathbf{V} = 70°$$

La dispersion est faible avec $\rho < v$. Il existe de la dispersion tournante dans la chondrodite et la clinohumite. (Dx).

M. Mallard considère le réseau de toutes les humites comme identique. Le type orthorhombique serait dû à des macles submicroscopiques de humite monoclinique.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est énergique dans les variétés colorées. On observe dans toutes les variétés :

$\mathbf{n}_g$ et $\mathbf{n}_m$ = jaune brun très pâle.
$\mathbf{n}_p$ = jaune d'or très pâle.

Composition chimique. La formule donnée plus haut et due à M. Wingard représente assez bien la composition chimique des humites.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, les humites blanchissent sans fondre. Elles sont très facilement attaquables par les acides, même par l'acide acétique. Dans le tube ouvert, elles donnent avec le sel de phosphore fondu les réactions du fluor.

Altérations. Les humites se transforment très facilement en minéraux hydratés, chrysotile, brucite, seuls ou associés.

La clinohumite d'Arignac est souvent épigénisée par de petites lamelles de brucite implantées perpendiculairement aux fissures du minéral et se réunissant parfois pour former de grandes lames blanches macroscopiques (fig. 4). Les agrégats microscopiques de brucite sont souvent riches en inclusions ferrugineuses qui donnent une couleur noire à ces pseudomorphoses quand on les examine à l'œil nu.

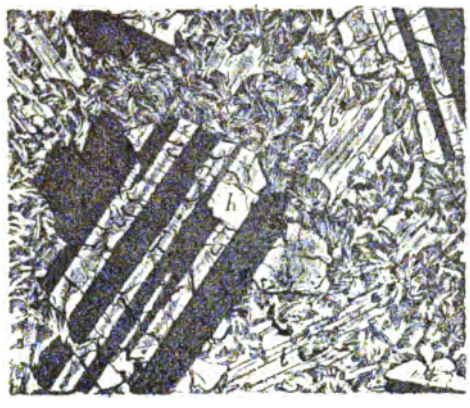


Fig. 4.
Lame mince de clinohumite d'Arignac (*h*) vue en lumière polarisée parallèle et montrant sa transformation en brucite lamellaire (*b*) ou sphérolitique.

La transformation serpentineuse se fait d'après le mode qui sera décrit plus loin à l'occasion du péridot. Dans quelques cas, le silicate magnésien hydraté, au lieu d'être constitué par du chrysotile fibreux, se présente en larges rubans ayant les propriétés de l'antigorite.

Enfin plus rarement, les humites se transforment en carbonates rhomboédriques.

Diagnostic. D'après les propriétés qui viennent d'être énumérées, on voit qu'en l'absence de cristaux mesurables, les divers types de ce groupe ne peuvent se distinguer entre eux que par leurs propriétés optiques quand il existe des macles. L'existence de ces dernières élimine la humite; l'angle d'extinction dans la face g^1 (010), perpendiculaire à la bissectrice *positive*, permet de différencier la clinohumite (9° à 11°) de la chondrodite (30°).

On trouvera plus loin au titanolivine le diagnostic différentiel de ce minéral et des types monocliniques du groupe des humites avec lequel il présente une grande analogie.

Quant à la distinction de la humite rhombique et des péridots magnésiens, elle est impossible par les seuls caractères optiques; il est nécessaire d'avoir recours à une analyse pour trancher la question; nous y reviendrons au sujet du péridot.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Les humites sont connues dans les calcaires de la série des schistes cristallins, dans les enclaves calcaires modifiées de la Somma et dans quelques gisements métallifères. Nous n'avons à les étudier ici que dans les calcaires cristallins (cipolins).

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* J'ai trouvé dans les cipolins de Ville-ès-Martin, près Saint-Nazaire, des fragments de humite presque entièrement transformés en chrysotile. Ils y constituent un élément microscopique rare.

Pyrénées. — *Ariège.* J'ai découvert (*B. C. G.* n° 11. II. 1. 1890) un remarquable gisement de clinohumite dans des bancs de cipolins intercalés dans les gneiss granulitiques des bords de l'Ariège, à Arignac et Mercus, en aval de Tarascon.

Les humites sont localisées dans certains bancs que l'on rencontre surtout à Arignac.

On y distingue deux variétés macroscopiques, l'une jaune paille, l'autre rouge orangé foncé. L'examen microscopique fait voir que ces minéraux et particulièrement la variété rouge présentent souvent les macles et les propriétés optiques de la clinohumite.

La plus grande partie de la variété jaune n'est pas maclée ; en raison de son intime association avec la clinohumite rouge, je l'ai décrite antérieurement comme de la humite rhombique. J'ai réussi à isoler une petite quantité de cette substance dans un échantillon dépourvu de macles ; les résultats de l'analyse donnée plus loin conduisent à la considérer comme un péridot. Il est fort probable toutefois qu'il existe également dans la roche de la humite rhombique.

La clinohumite rouge se trouve rarement seule dans les calcaires (Mercus, haut de la carrière). A Arignac, entre la carrière et le village, elle forme avec spinelle violacé des nodules au milieu des calcaires. J'ai observé l'un d'eux pesant environ 50 kg. La clinohumite est souvent pseudomorphisée en un mélange noir de brucite et des produits ferrugineux signalés plus haut.

Dans le même gisement, les variétés jaunes, associées au péridot, forment avec spinelle, pargasite, rutile et pyrrhotine des roches exceptionnelles, remarquablement analogues à celles que M. Michel Lévy a décrites en Andalousie.

Les autres minéraux qui accompagnent le plus généralement les humites dans ce gisement sont la phlogopite, la pyrite. Les grains de clinohumite rouge atteignent 1 cm de diamètre; ceux de la variété jaune sont souvent plus gros. Ceux qui offrent les plus grandes dimensions semblent être constitués surtout par du péridot.

Vosges. Puton et Fournet (*B. S. G.* 2e sér. IV. 232) ont signalé la chondrodite dans les cipolins du Chipal, près la Croix-aux-Mines. Nous avons étudié, M. Michel Lévy et moi (*B. S. M.* IX. 83. 1886), quelques échantillons de ce gisement que nous a communiqués M. Vélain. Le minéral monoclinique maclé est de la chondrodite jaune. Il est accompagné d'un minéral orthorhombique qui pourrait être du péridot plutôt que de la humite. Je n'ai pu en isoler une quantité suffisante pour l'analyse.

Dans cette roche, ces minéraux sont associés à du spinelle et à de la phlogopite.

[**Alsace**]. Les cipolins de la carrière Saint-Philippe, près Sainte-Marie-aux-Mines, que m'a remis M. Vélain, renferment les mêmes minéraux que ceux du Chipal, associés à des minéraux spéciaux (pyrosclérite, sphène, etc.).

ARDENNITE

(DEWALQUITE)

$$H^{10}\,Mn^{10}\,Al^{10}\,Si^{10}\,V^{2}\,O^{55}$$

Orthorhombique : $mm = 130°$ R.

$b : h = 1000 : 284{,}26$. D $= 906{,}301$. $d = 422{,}608$

$[a : b : c = 0{,}4663 : 1 : 0{,}3135$. R.]

Formes observées. m (110), h^1 (100), g^1 (010), g^3 (120), h^5 (320), p (001), a^1 (101), $b^{1/2}$ (111), $x = (b^1\,b^{1/5}\,h^1)$ (321).

	angles calculés		angles calculés		angles calculés
mm	130°	$b^{1/2}g^1$	104° 35′	a^1a^1 (sur p)	112° 12′
g^3g^3	94°	xh^1	123° 20′	$m\,b^{1/2}$	126° 34′
h^5h^5	145° 28′	xh^5	125° 8′		

Faciès des cristaux. Les cristaux sont allongés suivant l'axe vertical et souvent groupés en masses plus ou moins bacillaires ou fasciculées. Ils sont toujours cannelés dans la zone verticale, parfois aplatis suivant h^1 (100) et rarement terminés par des pyramides ou par l'orthodôme a^1 (101).

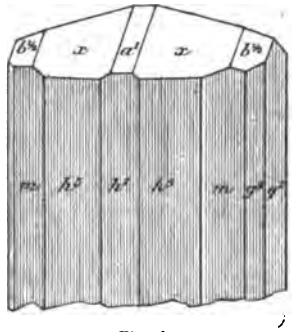


Fig. 1.
Ardennite de Salm Chateau.

Déformations mécaniques. Les cristaux sont très fréquemment tordus et plus ou moins brisés.

Clivages. Clivage facile suivant g^1 (010), assez facile suivant m (110). Quand on brise les masses grossièrement fibreuses, on isole de petites lamelles aplaties suivant h^1 (100) que l'on pourrait confondre avec des clivages si les propriétés optiques ne venaient éclairer l'observateur. Cassure inégale.

Dureté. 6 à 7. Le minéral est très fragile.

Densité. 3.620 (variété non arsénifère). 3.643 à 3.662 (variété arsénifère).

Coloration. Brun colophane à jaune orange. Les cristaux sont souvent marbrés de noir par des inclusions d'oxyde de manganèse.

Eclat vitreux un peu gras. Le minéral est transparent en lames minces.

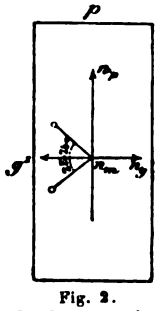


Fig. 2.
Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100)

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë *positive* perpendiculaire au clivage facile g^1 (010).

Dans nos « *Minéraux des Roches* », nous avons, M. Michel Lévy et moi, indiqué le plan des axes comme parallèle à g^1 (010) et la bissectrice comme perpendiculaire à p (001), par suite de l'interprétation inexacte de lames aplaties suivant h^1 (100).

L'indice moyen semble très élevé et atteindre 1.79 (?).

La biréfringence maximum est d'environ $n_g - n_p = 0{,}020$.

L'écartement des axes optiques est un peu variable ; les nombres suivants sont ceux auxquels est arrivé M. des Cloizeaux et que j'ai moi-même observés sur de petites lames que mon savant maître a bien voulu me confier.

$$2\,\mathbf{E} = \begin{cases} \text{rouge} & 76^\circ \text{ à } 79^\circ \\ \text{Na} & 73^\circ \text{ à } 74^\circ \\ \text{vert} & 68^\circ 30^\circ \text{ à } 71^\circ \end{cases}$$

La dispersion est très forte avec $\rho > v$.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est assez fort dans les teintes suivantes :

	Plaques de 0 = 02	Plaques de 0 = 5
n_g =	jaune très pâle	jaune d'or
n_m et n_p =	jaune d'or	brun rouge foncé

Les teintes de polychroïsme suivant n_m et m_p sont presque les mêmes ; par suite, les plaques perpendiculaires à la bissectrice aiguë sont à peine polychroïques.

Composition chimique. Il existe deux variétés, l'une de couleur foncée et relativement transparente exempte d'arsenic, l'autre de couleur plus claire et riche en arsenic.

Analyses :

a) par Pisani (*C. R.* 2 décembre 1872).

b) par von Lasaulx et Bettendorff (*P. A.* CXLIX. 245. 1873).

c) par Pisani (*C. R.* 4 août 1873).

d) et *e*) par Bettendorff (*P. A.* CLX. 130. 1877).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)
SiO^2.....	28.70	29.60	28.40	27.50	27.84
V^2O^5.....	1.80	9.20	3.12	0.53	9.20
As^2O^5.....	»	»	6.35	9.33	2.76
Al^2O^3.....	28.36	23.50	24.80	22.76	} 24.22
Fe^2O^3.....	2.94	1.68	1.31	1.15	
MnO.....	26.40	25.88	25.70	30.61	26.70
CaO.....	1.30	traces	0.22	0.17	»
MgO.....	4.32	3.38	4.07	1.38	3.01
CaO.....	4.30	1.81	2.98	1.83	2.17
H^2O.....	0.98	4.04	5.20	5.13	5.01
	99.10	99.09	102.15	100.39	100.91

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fusible avec bouillonnement en un verre noir. Dans le tube, donne des traces d'eau.

Très difficilement attaquable par l'acide sulfurique. M. Pisani a montré que ce minéral chauffé avec l'acide phosphorique donne une solution incolore qui devient violette par addition d'acide sulfurique.

Diagnostic. L'ardennite pourrait être confondue avec la carpholite de Meuville. Son indice médian plus grand, le signe négatif de son allongement permettent aisément de les distinguer en lames minces.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

[**Ardenne belge**]. — L'ardennite n'a été trouvée que dans un seul gisement près le pont du chemin de fer qui se trouve au dessous de Salm-Château, près Ottrez. Elle y forme des agrégats bacillaires dans un filon de quartz traversant les schistes paléozoïques. Les cristaux sont engagés dans du quartz et se trouvent plus rarement dans de petites cavités. Ils sont associés à des lamelles de pyrolusite les colorant parfois en noir, et à de l'albite. La figure 1 est empruntée à vom Rath.

Ce minéral décrit pour la première fois par von Lasaulx sous le nom de *mangandisthène* fut appelé ensuite *ardennite* par le même savant (*Niederhein. Gesell. Bonn* 24 nov. 1872). Presque en même temps M. Pisani en publiait une analyse (*C. R.* 2 déc. 1882) et décrivait ce minéral comme monoclinique en lui donnant le nom de *dewalquite*. Ce fut vom Rath qui fixa définitivement les propriétés cristallographiques du minéral et montra son analogie de forme avec l'ilvaite (*P. A.* CXLIX 241. 1873 etc.) ; depuis lors, l'ardennite a été étudiée à nouveau par MM. Pisani et von Lasaulx (voir les analyses données plus haut).

GROUPE DES ÉPIDOTES

Le groupe des épidotes est constitué par quatre minéraux dont trois (épidote, piémontite et allanite) sont monocliniques alors que le quatrième est orthorhombique (zoïsite). C'est M. des Cloizeaux qui a montré le premier à l'aide des propriétés optiques (*A. M.* XVI. 219. 1859) quel était le véritable système cristallin de ce dernier minéral.

La formule générale du groupe est :

$$H^2 R^4 R_1^6 Si^6 O^{26}$$

dans laquelle

$$[R = (Ca, Fe) \text{ et } R_1 = (Al, Fe, Mn, Ce)]$$

On y distingue les quatre types suivants :

Zoïsite....	$H^2 Ca^4 Al^6 Si^6 O^{26}$
Epidote...	$H^2 Ca^4 (Al\ Fe)^6 Si^6 O^{26}$
Piémontite.	$H^2 Ca^4 (Al\ Mn)^6 Si^6 O^{26}$
Allanite...	$H^2 (Ca, Fe)^4 (Al, Ce)^6 Si^6 O^{26}$

M. Tschermak Lehrb. Miner. 1885 p. 450 considère le silicate $H^2\,Ca^4\,Al^6\,Si^6\,O^{26}$ *zoisitsilicat* comme dimorphe et comme donnant naissance à l'épidote par mélange avec le silicate $H^2\,Ca^4\,Fe^6\,Si^6\,O^{26}$ *epidotsilicat*.

ZOISITE

$H^2\,Ca^4\,Al^6\,Si^6\,O^{26}$

Orthorhombique : $mm = 116°16'$ (Dx.)

$b : h = 1000 : 294{,}544$. $D = 849{,}280$. $d = 527{,}944$

$[a : b : c := 0.62164 : 1 : 0.47382]$

Je n'ai observé dans les gisements français aucun cristal déterminable.

Macles. **Il existe des macles microscopiques qui seront étudiées à la suite des propriétés optiques.**

Faciès. **La zoïsite de nos gisements se présente en cristaux allongés suivant l'axe vertical, sans formes déterminables, quelquefois aplatis dans la direction du clivage facile g^1 (010). On observe aussi des masses laminaires, fibreuses ou compacte.**

Clivages. Clivages, parfait suivant g^1 (010), très difficile suivant h^1 (100). Cassure inégale ou imparfaitement conchoïdale.

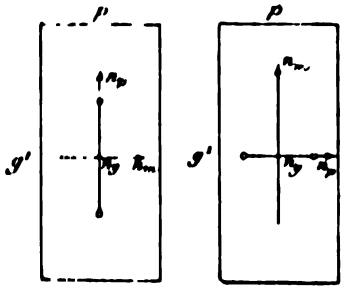


Fig. 1. Section h^1(100). Plan des axes optiques parallèle à g^1(010).

Fig. 2. Section h^1 (100). Plan des axes optiques parallèle à p (001).

Dureté. 6.

Densité. 3.25 à 3.36. 3.257 (Pontaut d'Aleu.)

Coloration. Blanc, blanc jaunâtre ou verdâtre, rose.

Eclat nacré très vif sur le clivage facile. Eclat vitreux. Poussière blanche. Très transparente en lames minces.

Propriétés optiques. La bissectrice aiguë *positive* est toujours perpendiculaire à h^1 (100), mais le plan des axes optiques est tantôt parallèle à g^1 (010), tantôt parallèle à p (001). La seule différence existant entre ces deux orientations consiste donc dans

la permutation de n_m et de n_p (fig. 1 et 2); on les observe soit dans des cristaux distincts, soit dans les diverses parties d'un même cristal.

Dans ce dernier cas, le phénomène a été expliqué par des macles multiples suivant $e^{1/3}$ (031), face faisant un angle de 45° avec les axes *a* et *c*. M. Tschermak considère ces macles multiples comme se produisant suivant une face prismatique *m* (110) ou $g^{5/3}$ (140).

Notons enfin que M. des Cloizeaux a constaté que dans les cristaux du Saualpe en Carinthie le plan des axes optiques était parallèle à *p* (001) pour les rayons rouges et parallèle à g^1 (010) pour les rayons bleus.

Dans la zoïsite de la plupart des gisements français, le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010) bien que la seconde orientation et les croisements de lames soient observables dans quelques-uns d'entre eux.

La zoïsite du Pontaut d'Aleu (Ariège) est particulièrement intéressante à cause des macles polysynthétiques qu'elle présente, macles qui sont analogues à celles décrites par M. Tschermak ; mais ici le plan de macle semble être g^1 (010). En effet, les lames de clivage g^1 (010) présentent en lumière polarisée parallèle une orientation optique homogène, tandis que les sections perpendiculaires ou obliques à cette face montrent des bandes hémitropes rappelant celles des feldspaths tricliniques (fig. 3). La petitesse des cristaux ne permet pas de les tailler suivant des directions données et par suite de serrer le problème de plus près, mais tous ces phénomènes semblent conduire à cette conclusion que le réseau élémentaire de la zoïsite n'est pas en réalité rhombique et que sa symétrie apparente est le résultat de croisement de lames ayant une symétrie inférieure, probablement monoclinique.

Fig. 3.

Lame mince de la zoïsite du Pontaut d'Aleu vue en lumière polarisée parallèle. Les côtés de la fig. sont respectivement parallèles aux sections principales des nicols. Les plages larges non maclées sont parallèles à g^1 ; les autres, lorsqu'elles ne sont pas parallèles aux sections principales des nicols montrent les macles.

Nous avons obtenu M. Michel Lévy et moi les indices suivants sur un cristal de zoïsite de Carinthie :

$$\left.\begin{matrix} n_g \\ n_m \\ n_p \end{matrix}\right\} = 1.696 \qquad n_g = 1.702$$

La biréfringence maximum est faible : $n_g - n_p = 0{,}006$ environ. Les indices n_m et n_p ont sensiblement la

même valeur. L'écartement des axes optiques (2V) est variable (souvent même dans un même cristal, de 19° à 53° environ.

Dans la zoïsite de Saint-Philbert de Granlieu, j'ai observé en moyenne pour le jaune :

$$2E = 95°, \text{ d'où } 2V = 51° \text{ environ.}$$

La dispersion est très forte avec $\rho > v$.

Pléochroïsme. La variété rose manganésifère (*thulite*) possède un pléochroïsme très énergique avec n_g jaune, n_m rose vif et n_p rose foncé. On ne la rencontre pas en France.

Composition chimique. Analyse de la zoïsite rose du Pontaut d'Aleu (Ariège) (Lx).

SiO^2.....	40,05
Al^2O^3.....	33,10
Fe^2O^3.....	1,12
CaO.....	23,93
MgO.....	0,21
Perte au feu....	2,08
	100,49

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, se gonfle et fond avec bouillonnement en un verre grisâtre translucide. Dans le tube, dégage un peu d'eau. La variété thulite donne les réactions du manganèse. La zoïsite est difficilement attaquable par les acides, mais après calcination, elle est attaquée par l'acide chlorhydrique en faisant gelée.

Diagnostic. Les propriétés optiques constituent le meilleur diagnostic de la zoïsite.

Dans les roches, ce minéral se reconnaît à ses sections allongées à extinctions longitudinales, à forte réfringence. La biréfringence est très faible et en raison de la forte dispersion, on n'obtient pas d'extinction franche, mais des teintes bleuâtres très caractéristiques. Le signe de l'allongement est négatif quand le plan des axes est parallèle à g^1 (010) (fig. 1), + de signe variable quand il est parallèle à p (001) (fig. 2).

L'absence de coloration et la différence de biréfringence permettent aisément de distinguer l'une de l'autre la zoïsite et l'épidote qui s'accompagnent fréquemment.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La zoïsite se rencontre : 1° comme élément constitutif des schistes cristallins, 2° comme produit secondaire dans des roches feldspathiques.

1° Dans les schistes cristallins, les cipolins et les filons quartzeux qui les traversent.

C'est particulièrement dans les schistes amphiboliques et pyroxéniques de la série des schistes cristallins, que la zoïsite est abondante ; à ce point de vue, les éclogites et quelques amphibolites méritent une mention spéciale. Dans ces roches, la zoïsite joue souvent le rôle d'élément essentiel ; elle peut y être extrêmement abondante.

Plus rarement, les filons de quartz et de pegmatite qui traversent ces roches renferment de la zoïsite en grands cristaux ou plutôt en grandes masses. C'est là surtout où l'on peut se procurer ce minéral pour l'étude.

Je me contenterai de citer quelques gisements dans lesquels on rencontre la zoïsite à l'état macroscopique.

Bretagne. — *Loire-Inférieure*. J'ai rencontré (*Bull. Soc. sc. natur. Ouest*. I. 81. 1891) ce minéral en abondance comme élément constitutif des éclogites dont les gisements seront énumérés à l'article « grenat ». Les environs de Saint-Philbert de Grandlieu et ceux du Cellier se recommandent spécialement à ce point de vue.

Dans la carrière de Piedpain en Saint-Philbert de Grandlieu, M. Baret a trouvé (*B. S. M.* V. 174. 1882) des masses laminaires et des cristaux indistincts de zoïsite engagés dans un filon de pegmatite traversant les éclogites. Cette zoïsite en s'altérant prend une teinte gris bleuâtre. Elle devient très fragile ; à l'état de pureté, elle est faiblement translucide. Le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010).

Maine-et-Loire. Je dois à l'obligeance de M. L. Bureau la communication d'un intéressant gisement de zoïsite. La roche qui la renferme provient de Chantepie, à l'ouest de Liré. C'est un micaschiste amphibolique essentiellement constitué d'amphibole, de quartz et de zoïsite. Ce dernier minéral forme 50 0/0 de certains échantillons. Il constitue de petites baguettes d'un blanc vif à éclat nacré, atteignant 1^{cm} et se groupant en grand nombre dans des directions grossièrement parallèles.

Pyrénées. — *Ariège.* J'ai découvert dans l'Ariège au Pontaut d'Aleu, sur la route de Saint-Girons à Massat, un remarquable gisement de zoïsite. Sur le bord de la route et non loin d'un petit pont, les gneiss renferment quelques bancs minces de cipolins. Dans l'un d'eux, j'ai rencontré des lentilles de zoïsite rose ne dépassant pas 0^{m}30 de plus grande dimension sur 0^{m}05 d'épaisseur. Elles sont entourées d'une gaîne serpentineuse et plus ou moins pénétrées d'un pyroxène blanc laiteux présentant des macles secondaires et des plans de séparation suivant p (001) très répétés.

Le minéral est d'un beau rose fleur de pêcher qui devient plus vif lorsque le minéral réduit en poudre grossière est débarrassé par l'acide chlorhydrique de la calcite secondaire qui l'imprègne. Il est possible ainsi d'isoler de microscopiques géodes desquelles je n'ai pu extraire que quelques fragments de petits cristaux aplatis suivant g^{1} (010).

Le minéral présente à l'œil nu une structure très compacte. Au microscope on constate qu'il est formé par l'enchevêtrement de longues baguettes offrant les macles qui ont été étudiées plus haut (fig 3).

Malgré sa couleur rose qui rappelle celle de la thulite, le minéral est absolument incolore en lames minces. Sa coloration n'est pas due à du manganèse, mais à la petite quantité de fer indiquée par l'analyse ci-dessus. Elle disparaît, du reste, dès qu'on chauffe le minéral à une température un peu élevée. Celui-ci devient alors un peu jaunâtre.

Alpes. — *Isère.* M. Groth a signalé (*Sitzb. Bayr. Akad.* 390, 1885) la zoïsite verdâtre en agrégats cristallins montrant des traces de brachydômes dans les fentes d'un chloritoschiste du flanc nord du Taillefer, à l'ouest du Bourg-d'Oisans.

Le même minéral est très abondant dans toutes les amphibolites des Alpes.

On vend au Bourg-d'Oisans sous le nom inexact de zoïsite des cristaux d'épidote jaune verdâtre provenant de la Rampe des Commères au mont de Lans.

2° *Dans les roches feldspathiques et particulièrement dans les diorites, diabases, gabbros comme produit secondaire.*

La zoïsite est très fréquente comme produit d'altération des feldspaths de diverses roches et particulièrement de celles des groupes : diorites, diabases et gabbros. Je rappellerai que la *saussurite* des

gabbros (euphotides) des Alpes n'est pas autre chose qu'un feldspath basique plus ou moins complètement transformé en un mélange microscopique de zoïsite, de feldspaths récents avec accompagnement d'actinote, de chlorite, etc. Cette transformation des feldspaths que l'on a désignée sous le nom de *saussuritisation* s'opère comme l'a montré M. Cathrein, par perte de silice et d'alcalis et par gain de chaux, de fer et d'eau.

Les gabbros (euphotide) du mont Genèvre, ceux de Corse, etc., présentent de bons exemples de saussuritisation. (Voy. plus loin FELDSPATHS. *Altérations*)

Dans les roches basiques altérées, on observe souvent des filonnets secondaires renfermant du quartz et de la zoïsite. Je dois à l'obligeance de M. Barrois de beaux échantillons de ce genre qu'il a recueillis en Bretagne dans les diabases de Barnenès.

ÉPIDOTE

$$H^2\ Ca^4\ (Al\ Fe)^6\ Si^6\ O^{26}$$

Monoclinique : $mm = 69°59'$

$b : h = 1000 : 969{,}279$. $D = 533{,}932$. $d = 845{,}528$

angle plan de $p = 64°32'34''$

angle plan des faces $m = 110°18'20''$

$[a : b : c = 1{,}58359 : 1 : 1{,}81536]$

$zx = 64°\ 43'$

Formes observées. — h^1 (100), h^3 (210), m (110), g^1 (010);

p (001), o^2 (102), o^1 (101), $o^{1/2}$ (201), $a^{1/5}$ ($\bar{5}01$), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), $a^{2/3}$ ($\bar{3}02$), $a^{6/7}$ ($\bar{7}06$), a^1 ($\bar{1}01$), $a^{4/3}$ ($\bar{3}04$), a^2 ($\bar{1}02$), a^3 ($\bar{1}03$), a^5 ($\bar{1}05$); e^2 (012), e^1 (011); $d^{1/2}$ (111); $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), $b^{1/4}$($\bar{2}21$);

$o = (b^1\ b^{1/3}\ h^{1/2})$ ($\bar{2}12$), $\mu = (b^{1/2}\ b^{1/6}\ h^{1/3})$ ($\bar{4}23$), $\pi = a_3 = (b^1\ b^{1/3}\ h^1)$ ($\bar{2}11$), $l = (b^{1/4}\ b^{1/6}\ h^{1/2})$ ($\bar{5}12$); $w = (b^{1/7}\ d^{1/9}\ g^1)$ ($\bar{1}81$), $n = (b^{1/23}\ d^{1/25}\ g^1)$ ($\bar{1}.24.1$).

Macles. Macles souvent polysynthétiques suivant h^1 (100) se présentant souvent sans angles rentrants; très rarement macles suivant p (001).

L'initiale M se rapporte aux angles mesurés par M. Marignac sur les

cristaux du Dauphiné. Dx à ceux obtenus par M. des Cloizeaux sur un petit cristal de Pouzac (observation inédite). Lx à ceux que j'ai mesurés sur des cristaux de Chamonix et sur des cristaux des Pyrénées (Lx¹).

	Angles calculés	Angles mesurés					Angles calculés	Angles mesurés
mm	67°28′	67°30′ M	$pa^{2/3}$	99°33		$d^{1/2}h^1$	130°6′	
mh^1	126°58′	125°40′ (Dx.)	$a^{2/3}h^1$	145°0	144°39′ M	e^1h^1 ant.	102°56′	
mg^1	145°2′		$pa^{1/2}$	90°25′		$e^1d^{1/2}$	152°30′	
h^1g^1	90°		$a^1a^{1/2}$	154°17′				
mh^1	164°32′					$b^{1/2}h^1$	69°3′	69°45′ (Dx.)
h^1h^1	144°25′		$a^{1/2}h^1$	154°8′	154°16′ M 154°12′ Lx.	$b^{1/2}e^1$	146°7′	
h^1h^1 sur h^1	108°52′	108°54′ M				$b^{1/2}d^{1/2}$ s. e^1	118°57′	
h^1g^1	127°34′	127°35′ (Lx.)	$pa^{1/2}$	81°15′		mh^1 (ant.)	45°8′	
po^1	157°27′		$a^{1/2}h^1$	163°18′	163°24′ M			
o^1h^1	138°0′					g^1n	178°19′	178°17′ Dicking
po^1	145°16′	144°58′ (Lx.)	pe^2	140°41′	140°42′ M	g^1w	174°58′	174°51′ Dicking
h^1o^1	150°11′	150°15′ M	e^2e^2 (sur p)	101°22′	101°25′ M	$g^1b^{1/2}$	144°53′	
$po^{1/2}$	133°48′		e^2e^1	160°43′		g^1i	125°24′	
$o^{1/2}h^1$	161°39′		pe^1	121°24′	121°23′ M 121°28′ (Lx.)	$b^{1/2}b^{1/2}$ s. a^1	70°14′	70°8′ M
		115°32′ M				$b^{1/2}b^{1/2}$ s. g^1	109°46′	109°50′ (Lx¹.)
ph^1 (ant.)	115°27′	115°20′ (Lx¹.)	e^1e^1 (sur p)	62°48′	62°46′ M	$b^{1/2}a^1$	125°7′	125°11′ (Lx¹.)
		117′ (Lx.)	e^1e^1 (sur g^1)	117°12′	117°7′ (Lx¹.)	vv (sur a^1)	109°12′	
pa^6	168°51′					$g^1b^{1/4}$	147°44′	
pa^3	157°34′		$pd^{3/2}$	150°59′	151°0′ (Lx.)	$g^1\pi$	128°22′	
a^3h^1	86°59′		$pd^{1/2}$	127°36′	128°0′ (Lx.)	$b^{1/4}b^{1/4}$ s. $a^{1/2}$	64°32′	
pa^2	145°32′		$d^{1/2}m$	156°39′				
a^2h^1 (adj.)	99°1′	99°5′ (Dx.)	pm (ant.)	104°15′	104°19′ M 104°20′ (Lx.)	$a^1\pi$ (adj.)	134°56′	
$pa^{3/1}$	129°6′					a^1m (adj.)	110°52′	111° (Lx.)
$a^{3/4}h^1$	115°27′		$pb^{1/2}$ (adj.)	104°41′	104°46′ M	πm	155°56′	
pa^1	116°8′	116°15′ (Lx¹.)	$b^{1/2}m$	151°4′	151°5′ (Lx.)			
		128°25′ (Lx¹.)	$b^{1/2}d^{1/2}$ s. m	127°43′		$a^{1/2}m$ (adj.)	121°3′	121°7′ (Lx.)
a^1h^1	128°25′	128°30′ M	$pb^{1/4}$	90°14′		$b^{1/2}b^{1/2}$	121°13′	
		128°8′ (Dx.)	$b^{1/4}m$	165°31′	165°40′ (Dx.)	$b^{1/2}m$ (lat.)	117°44′	
o^1a^1 (sur p)	81°24′					e^1m (post.)	124°50′	124°20′ (Lx¹.)
$pa^{6/7}$	109°15′	109°10′ (Lx.)	ph^0	110°28′		o^1m	119°49′	
		134°40′ M	$p\nu$ adj.	111°2′	110°20′ M	$a^1\pi$	134°56′	
$a^{6/7}h^1$	135°18′	135°1′ (Lx.)	$p\mu$ adj.	101°3′		a^1m	110°52′	
			$p\pi$	90°20′		e^1m (ant.)	145°52′	146°1′ (Lx¹.)

Faciès des cristaux. Les cristaux d'épidote sont tous allongés suivant l'arête $p\ h^1$ (001) (100), sauf de très rares exceptions. Les faces les plus habituelles dans la zone d'allongement sont p (001), h^1 (100), o^1 (101), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), a^1 ($\bar{1}01$), a^2 ($\bar{1}02$), a^3 ($\bar{1}03$). Presque toutes ces faces portent des cannelures plus ou moins profondes parallèles à leur intersection mutuelle. Les cristaux sont souvent aplatis, tantôt suivant p (001), tantôt suivant h^1 (100) ou a^3 ($\bar{1}03$). L'aplatissement suivant p (001) est

facile à reconnaître ; la face p en effet est presque perpendiculaire à un axe optique et permet de voir par transparence le phénomène des houppes dont il sera question plus loin.

Les extrémités des cristaux sont terminées soit par les faces $b^{1/2}$ $(\bar{1}11)$ ou m $(1\bar{1}0)$ qui ne peuvent se distinguer les unes des autres sans mesures à cause de leur angle très voisin, à moins toutefois que la macle suivant h^1 (100) ne soit apparente, soit par la face g^1 (010), souvent largement développée et striée parallèlement à son intersection avec $\bar{b}^{1/2}$ (111).

Les cristaux d'épidote sont généralement implantés sur leur gangue par une de leurs extrémités, de telle sorte que les cristaux à deux sommets sont relativement rares. Ils ont une grande tendance à former les agrégats *en buisson* représentés par la figure 13.

Clivages. Clivage très facile suivant p (001) ; moins facile suivant h^1 (100). Cassure inégale.

Dureté. 6 à 7. Fragile.

Densité. 3.32 à 3.49. 3.36 (Epidote blanche de Port Durand), 3.42 (Epidote verte du Bourg d'Oisans).

Coloration. La couleur la plus habituelle de l'épidote est le vert de diverses nuances (vert pistache, vert jaune, vert brun, vert noir). Quelques variétés sont jaune plus ou moins verdâtre, jaune brunâtre, grises, blanches ou presque incolores. Ces dernières sont les plus pauvres en fer et possèdent une densité plus faible.

Eclat vitreux, un peu nacré suivant le clivage facile p (001). Poussière grise. L'épidote est transparente ou translucide.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). La bissectrice aigue négative fait un angle très petit avec l'axe vertical dans l'angle aigu de ph^1 (001) (100).

M. des Cloizeaux a fait voir que les indices de réfraction et l'écartement des axes optiques sont très variables. Pour le rouge, suivant les gisements, il a obtenu pour l'indice moyen les valeurs suivantes :

$$n_m = 1.72 \text{ à } 1.753.$$

et pour l'écartement des axes :

$$2V = 74° \text{ à } 88°.$$

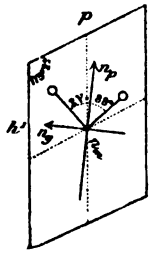


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèles à g^1 (010).

J'ai moi-même observé pour le jaune :

$$2\,V = \begin{cases} 74°50' \text{ (Chamonix).} \\ 77°\ 6' \text{ (Cornillon).} \end{cases}$$

M. Michel Lévy a de même appelé l'attention sur les variations de biréfringence que l'on observe souvent dans un même individu ; dans l'épidote de Cabre, ce savant a obtenu des biréfringences maxima variant de 0,016 à 0,054.

Peut-être doit-on chercher l'explication de ces variations des propriétés optiques dans des croisements de lames submicroscopiques.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est énergique en lames épaisses, très faible ou nul en lames minces, le minéral étant alors souvent presque incolore.

L'absorption maximum a lieu suivant n_m ; elle est minimum suivant n_p ; en lames épaisses, on observe généralement les teintes suivantes :

$$\begin{aligned} n_g &= \text{vert.} \\ n_m &= \text{brun.} \\ n_p &= \text{jaune.} \end{aligned}$$

En lames minces, les teintes jaunes sont celles que l'on observe le plus ordinairement.

Quand on regarde le ciel blanc à travers une lame d'épidote taillée perpendiculairement à un axe optique, on observe de chaque côté de l'axe deux cônes sombres sur un fond brillant (phénomène des houppes). Les houppes sont généralement très nettes et colorées sur leurs bords. Les cristaux aplatis suivant *p* (001) montrent ce phénomène sans qu'il soit nécessaire de les tailler (fig. 2).

Fig. 2.
Houppes de l'épidote vues à travers *p* (001).

La couleur de cette face vue par transparence est le vert plus ou moins foncé.

Composition chimique. — Analyses : *a*) de l'épidote blanche de Port-Durand (Nantes) (Lx.).

Les analyses suivantes ont toutes été faites sur des cristaux d'épidote de l'Oisans.

b) par Descotils (*J. M.* V. 415).

c) par Hermann (*Erdm. J.* XLIII. 81). *d*) (*id.* LXXVIII.295).

e) par Schœrer (*P. A.* XCV. 501).

f) par Stockar-Escher (*Id.*).

g) par Laspeyres (*Z. K.* III. 564).

h) de Chalanches, par Lory (*B. S. G.* 2e série VII. 543). Cette dernière analyse est rapportée pour mémoire. Le fer y est donné à l'état de protoxyde, mais son état d'oxydation n'a sans doute pas été déterminé.

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)	*f*)	*g*)	*h*)
SiO^2.....	40,2	37	37,60	38,00	37,56	37,35	36,71	40,6
Al^2O^3.....	30,5	27	18,57	20,87	20,78	22,02	22,61	30,2
Fe^2O^3....	5,5	17	13,37	15,06	16,49	15,67	14,47	
CaO.....	22,3	14	21,19	21,93	22,70	22,54	23,67	17,7
FeO.....	»	»	5,55	1,90	»	»	0,62	»
MgO.....	»	Mn^2O^3 1,5	1,40	»	0,29	»	»	11,2
H^2O.....	2,5	3,5	1,68	2,08	2,09	2,35	1,92	»
	101,0	100,0	99,36	99,84	99,91	99,93	100,00	99,7

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, plus ou moins fusible en une scorie noire magnétique. Les variétés riches en fer sont les plus fusibles. Les variétés de couleur pâle chauffées dans un feu réducteur prennent une couleur brun foncé ou noire.

L'épidote est à peine attaquable par les acides ; après calcination, elle fait gelée dans l'acide chlorhydrique.

Diagnostic. Les formes et la couleur de l'épidote sont très caractéristiques. Dans les lames minces de roche, les propriétés optiques et particulièrement le fort indice, l'extinction longitudinale des sections parallèles à l'allongement $p\ h^1$ (001) (100) comparées à l'extinction oblique des sections transversales, la position du plan des axes optiques, transversal à l'allongement, jointes à une haute biréfringence, variable dans un même cristal, constituent un bon diagnostic de l'épidote.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'épidote est un des minéraux les plus communs. Elle se rencontre en grande abondance dans les schistes cristallins, dans les calcaires modifiés par les roches éruptives : enfin on la trouve comme produit secondaire dans toutes les roches anciennes éruptives ou métamorphiques renfermant des feldspaths ou des silicates ferrifères et calciques.

En raison de cette banalité de gisement, il me semble inutile de citer une longue liste de gisements qui n'ont aucun intérêt en l'absence de cristaux déterminables.

Je me contenterai de signaler les gisements peu nombreux qui fournissent des cristaux à formes nettes ou qui présentent quelques particularités spéciales.

Nous étudierons successivement l'épidote :

1° Dans les schistes cristallins et les roches éruptives (anciennes) acides ;

2° Dans les roches éruptives (anciennes) basiques ;

3° Dans les calcaires modifiés par l'action des roches éruptives.

1° Dans les schistes cristallins et les roches éruptives acides.

Les schistes cristallins renferment souvent de l'épidote qui, dans les amphibolites, devient parfois un élément essentiel s'isolant dans les fissures sous forme de cristaux.

Les plus beaux cristaux d'épidote se rencontrent dans des fentes, généralement perpendiculaires ou obliques à la schistosité de la roche. Ils ont été produits par la circulation d'eaux minéralisées qui ont laissé déposer en même temps dans un grand nombre de gisements de l'axinite, de la prehnite, du quartz, de la calcite, etc.

Dans les roches éruptives acides (granite, granulite, syénite), l'épidote se présente dans les mêmes conditions.

Bretagne. — Les amphibolites, les gneiss amphiboliques et pyroxéniques sont fréquents en Bretagne, soit dans l'étage des gneiss, soit dans celui des micaschistes.

Dans de nombreux gisements, l'épidote est très abondante et forme même parfois des lits plus ou moins importants. Elle y est parfois associée à de la zoïsite. On peut citer à ce point de vue les amphibolites à glaucophane de l'île de Groix, les amphibolites des falaises de Billiers (Morbihan), celles de la Loire-Inférieure (Saint-Herblain, Oudon, Saint-Aignan).

Loire-Inférieure. Dans ce dernier département, M. Baret a trouvé quelques gisements qui méritent une mention spéciale. Ce sont ceux de Port-Durand, de la Trémissinière, de Barbin et de Petit-Port aux environs immédiats de Nantes.

L'épidote que l'on y rencontre est d'un gris presque incolore ; souvent les cristaux sont colorés en jaunâtre par des infiltrations ferrugineuses qu'il est facile de faire disparaître par un lavage à l'acide chlorhydrique. Elle forme des masses bacillaires atteignant 10^{cm} à Port-Durand (voir l'analyse *a*).

Les cristaux nets sont assez rares ; j'ai cependant observé les formes suivantes sur un fragment de cristal de Barbin : *p* (001), h^1 (100), a^1 (101) et $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$).

A Barbin et à la Trémissinière, l'épidote est accompagnée d'idocrase et de grossulaire dans des lits quartzeux de micaschistes granulitisés.

A la carrière de l'Etang près Saint-Nazaire, on trouve dans des gneiss pyroxéniques à dipyre de grands cristaux plats d'épidote (5 à 6^{cm}), sans formes bien nettes.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées.* Les gneiss du tunnel de Cambo et particulièrement leurs variétés basiques renferment souvent de l'épidote associée à de la chabasie, de la stilbite, etc. ; je n'y ai pas trouvé de bons cristaux.

Hautes-Pyrénées. Au lac d'Illéou près Cauterets (entre le pic de Péguères et le Monné), on rencontre de petits cristaux jaune verdâtre engagés dans du quartz ou noyés dans une ripidolite jaune. J'ai étudié de petits cristaux transparents sur lesquels j'ai pris une partie des mesures données plus haut (Lx^1). Ils présentent les formes *p* (001), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}01$) et à l'extrémité libre $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) et e^1 (011) (fig. 3). La face a^1 ($\bar{1}01$) est cannelée et séparée de *p* par des faces courbes correspondant sans doute à a^2 ($\bar{1}02$) et à a^3 ($\bar{1}03$).

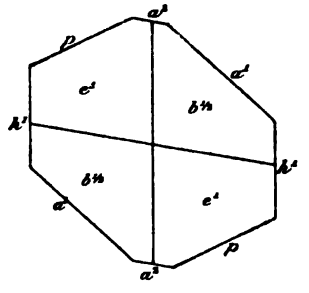


Fig. 3.
Epidote d'Illéou, projection sur g^1 (010).

M. Frossard m'a indiqué le même minéral dans le granite du pic de Péguères.

Les plus gros cristaux d'épidote des Pyrénées ont été découverts en 1784 à la piquette déras lids près Barèges (voir grenat) et décrits par Picot de Lapeyrouse (J. P. XXVI. 435) sous le nom de « schorl verd ». Ils se rencontrent généralement engagés dans du quartz remplissant les fentes de roches modifiées par le granite ; ils sont souvent associés à de l'axinite et de la prehnite ; ils sont parfois engagés dans de l'asbeste (carton de montagne) ou bien reposent sur ou dans de gros cristaux

transparents de calcite. Dans ce gisement, l'épidote a été formée postérieurement au métamorphisme des calcaires, c'est pourquoi je la décris dans ce paragraphe.

Les cristaux, dont quelques-uns atteignent 8^{cm} de longueur, ont la forme de grandes baguettes minces ; ils sont maclés et parfois aplatis suivant h^1 (100). Cette dernière face est en général peu développée ; les faces dominantes sont p (001), a^2 ($\bar{1}02$), a^1 ($\bar{1}01$), h^1 (100) ; les mesures précises sont impossibles en raison des cannelures et de l'arrondissement des faces ; les cristaux placés sur le goniomètre donnent une suite non interrompue d'images superposées. Les cristaux sont terminés par $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) ou par m (110). Les extrémités sont souvent arrondies ou dentelées et trahissent alors la structure intérieure des cristaux formés par l'empilement d'un grand nombre d'individus très minces ; ils sont jaune verdâtre pâle et parfois transparents.

Aux environs de Barèges, sur les flancs du pic d'Espade, j'ai observé dans le granite ainsi que dans les calcaires et les schistes paléozoïques modifiés par lui, des filons ou des bancs (dépassant parfois 1 mètre d'épaisseur), constitués par de l'axinite et de l'épidote. Ce dernier minéral forme rarement des cristaux nets dans des géodes généralement remplies par de la calcite. On y rencontre parfois des blocs énormes, pauvres en axinite et presque exclusivement formés par de l'épidote en sphérolites grossièrement fibreux, serrés les uns contre les autres et pouvant atteindre 2^{cm} de diamètre.

Dans les druses d'un échantillon d'axinite de la montagne de Campana, située à l'ouest du pic d'Espade, j'ai observé de petits cristaux d'épidote vert pistache de la forme p (001), a^1 ($\bar{1}01$), h^1 (100), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), maclés et aplatis suivant h^1 (100) ; ils proviennent du même genre de gisement.

Dans les lits basiques des gneiss granulitiques de la montée du lac Bleu, par Chiroulet (Vallée de Lesponne), j'ai rencontré des cristaux d'épidote jaune verdâtre engagés avec actinote dans des cavités remplies de calcite ; ces cristaux atteignent 1^{cm} de diamètre, les faces dominantes dans la zone horizontale sont : p (001), o^1 (101), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}01$), a^2 ($\bar{1}02$) ; je n'ai pu dégager de sommets intacts.

C'est probablement au même genre de gisement qu'il faut rapporter de gros cristaux d'épidote jaune pâle accompagnés de ripidolite recueillis par M. Frossard à Saligos, entre Luz et Pierrefitte.

Dans la syénite néphélinique de Pouzac, près Bagnères de Bigorre, l'épidote vert pistache associée au grenat est fréquente comme produit secondaire. M. Frossard y a trouvé des cristaux sur lesquels M. des Cloizeaux a observé les formes suivantes : h^1 (100), a^1 ($\bar{1}01$), a^2 ($\bar{1}02$), et aux extrémités m (110), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$). Ils sont aplatis et maclés suivant h^1 (100), (fig. 4); ils sont parfois transparents.

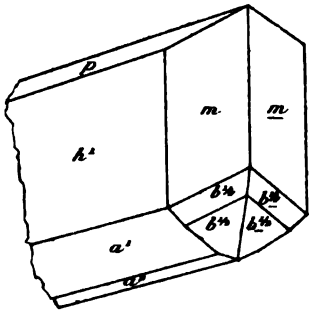


Fig. 4.
Macle suivant h^1 (100) de l'épidote de Pouzac.

Haute-Garonne. Charpentier (*op. cit.* 135) signale de jolis cristaux d'un vert sale dans les fentes du granite au lac glacé d'Oo, à Bordes, Bonac, Orle. Ils sont, d'après cet auteur, analogues à ceux du Dauphiné. M. Gourdon m'en a indiqué au Port-Vieux, dans les fissures du granite et m'a communiqué un échantillon d'épidote jaune pâle bacillaire du Pont de Mousquères près Luchon, engagée avec chlorite dans de la calcite lamellaire.

Ariège. Sur la rive droite du torrent d'Arnave et en amont de ce village il a eté fait autrefois des recherches sur un amas de magnétite intercalé au milieu des gneiss granulitiques. La gangue du minerai est un mélange d'amphibole, de grenat mélanite et d'épidote.

J'y ai recueilli quelques bons cristaux vert pistache foncé, engagés dans du quartz et quelquefois moulés par de la calcite. Ils sont aplatis suivant p (001) et présentent, en outre, les formes suivantes : a^2 ($\bar{1}02$), a^1 ($\bar{1}01$), h^1 (100) ; ils sont terminés par e^1 (011) et m (110), ils se rapprochent du type de la fig. 7.

Les gneiss d'Arignac renferment par places, au milieu d'amphibolites, d'énormes blocs d'épidote ; je n'y ai trouvé que des cristaux indistincts.

A Cabre, sur le côté gauche de la route de Tarascon à Vicdessos et peu avant ce bourg, les gneiss granulitiques renferment une masse énorme d'une roche curieuse, extrêmement tenace, exploitée pour l'empierrement. Elle me semble intercalée dans les gneiss bien que ses relations stratigraphiques ne soient pas très claires. Cette roche d'un jaune verdâtre clair est une véritable *épidotite* ; elle est, en effet, constituée en grande partie par de l'épidote souvent accompagnée de quartz, de pyroxène ou d'amphibole et de sphène. Elle est parcourue par des veines atteignant plus d'un mètre d'épaisseur d'un pyroxène

vert jaune très pâle, remarquable par ses plans de séparation suivant p (001) ; il est facile d'en détacher des fragments clivés ayant 1 décimètre de plus grande dimension.

J'ai trouvé dans cette roche une géode tapissée de jolis cristaux d'épidote jaune pâle que j'ai facilement débarrassés par un acide du calcaire qui les enveloppait. Ils sont très fragiles ; leurs faces sont généralement peu réfléchissantes. Ils sont pour la plupart aplatis suivant p (001) et présentent les faces p (001), h^1 (100), et offrent à leurs extrémités m (110) dominant avec $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) et e^1 (011) (fig. 5). Dans d'autres cristaux, on observe en outre a^1 ($\bar{1}01$) : les faces e^1, $b^{1/2}$ et m présentent le même développement (fig. 6). Enfin d'autres cristaux ont la même forme que ceux d'Illéou représentés par la fig. 3.

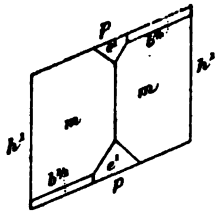


Fig. 5.
Epidote de Cabre, projection sur g^1 (010).

Dans les environs de Quérigut, l'épidote se rencontre en longs cristaux jaune très pâle (rappelant ceux de la piquette déras lids) dans les filonnets de quartz traversant les calcaires précambriens ou paléozoïques métamorphisés par le granite (voy. à *grenat grossulaire*). On peut citer spécialement à cet égard les environs du port de Paillières au dessus de Mijanès, et le Mont-Ginevra à l'ouest de Quérigut.

Plateau Central. — Bien que l'épidote soit très abondante comme élément des amphibolites, des gneiss amphiboliques et pyroxéniques et d'une façon générale de tous les schistes cristallins et roches éruptives acides du Plateau central, aucun gisement riche en cristaux ne me semble particulièrement digne d'être noté.

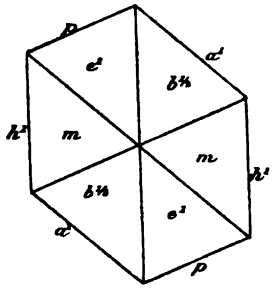


Fig. 6.
Epidote de Cabre, projection sur g^1 (010).

Peut-être faut-il faire exception pour les gneiss de Saint-Jumien (Haute-Vienne) dans lesquels le frère Euthyme m'a indiqué de grandes baguettes jaune vert sale d'épidote facilement clivables suivant p (001) et h^1 (100) remarquables par leur grande taille (3 à 4^{cm}).

M. Gonnard a signalé également l'épidote dans le granite à amphibole d'Enval, près Riom (Puy-de-Dôme). (*B. S. M.* II. 179. 1879).

Alpes. — *Haute-Savoie.* La granulite (protogine) du massif du mont Blanc et les micaschistes qu'elle a modifiés présentent fréquemment

des druses tapissées de cristaux d'épidote. Les gros cristaux semblent avoir été abondants autrefois, mais on ne les trouve plus guère que dans les vieilles collections.

Lévy (*Descr. Coll. Heuland* II. 116. 1838) a décrit et figuré (Atlas pl. XXXVI et XXXVII)[1] des cristaux verts isolés ou engagés dans du quartz et les indique comme provenant de Chamonix, sans indication plus précise. Ces cristaux sont parfois maclés suivant h^1 (100) sans angles rentrants.

D'après les figures de cet auteur et d'après mes propres observations sur les cristaux de Charmoz, du glacier d'Argentière et de Courmayeur, les cristaux de cette région peuvent être rapportés à huit types différents suivant qu'ils sont terminés ou non par la face g^1 (010), suivant qu'ils sont aplatis, parallèlement à p (001), h^1 (100) ou à a^3 ($\bar{1}03$) ou enfin qu'ils ne présentent pas d'aplatissement spécial.

1^er^ type. Cristaux aplatis suivant p (001) ou tout au moins ayant cette face très développée et présentant à leur extrémité la face g^1 (010) (Lévy, planche XXXVII, fig. 16 et 19). Dans un cristal, en outre de p et g^1, Lévy a dessiné les formes p (001), $o^{1/2}$ (201), h^1 (100), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), a^1 ($\bar{1}01$), a^3 ($\bar{1}03$), m (110), e^1 (011), e^2 (012). Un autre cristal présente en plus $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$).

J'ai observé de petits cristaux verts transparents de ce type provenant de Charmoz, ils présentent les faces p (001), o^1 (101), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}01$), a^2 ($\bar{1}02$) et sont terminés à leurs extrémités par les faces m (110), e^1 (011) avec g^1 (010) plus ou moins développées suivant les échantillons. Ils sont comparables comme forme aux cristaux du Striegau décrits et figurés par M. Bücking.

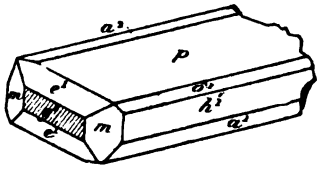


Fig. 7.
Epidote de Charmoz.

1. Lévy a adopté une forme primitive différente de celle que j'ai admise à la suite de Marignac et Des Cloizeaux ; pour la facilité de la lecture des figures de Lévy, voici quelle est la correspondance de ces deux systèmes :

Notre		Lévy	Notre		Lévy	Notre		Lévy
p	(001)	$= h^1$	$a^{1/3}$	($\bar{3}01$)	$= a^3$	$d^{1/2}$	(111)	$= d^{1/2}$
h^1	(100)	$= p$	$a^{1/3}$	($\bar{2}01$)	$= a^2$	b^1	($\bar{1}12$)	$= a_3$
g^1	(010)	$= g^1$	a^1	($\bar{1}01$)	$= a^1$	$b^{1/2}$	($\bar{1}11$)	$= b^{1/2}$
m	(110)	$= e^1$	a^3	($\bar{1}03$)	$= a^{1/3}$	$b^{1/4}$	($\bar{2}21$)	$= (b^1\ b^{1/3}\ g^{1/2})$
h^2	(210)	$= e^2$	e^2	(012)	$= h^3$	a_3	($\bar{2}11$)	$= b^1$
$o^{1/2}$	(201)	$= o^2$	e^1	(011)	$= m$			
o^1	(101)	$= o^1$						

2e *type*. Cristaux avec p (001) très développé et pas de faces g^1 (010). Les faces observées sont p (001), $o^{1/2}$ (201), h^1 (100), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), a^1 ($\bar{1}01$), m (110), e^1 (011), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$). (Lévy, planche XXXVII fig. 12).

Les cristaux de ce type présentent des macles sans angles rentrants (même planche, fig. 11 et planche XXXVI, fig. 4).

La collection du Museum renferme un gros cristal vert de 4cm de longueur de la forme p (001), o^1 (101), h^1 (100), $a^{\bar{1}}$ (101) et m (110). Il provient du même gisement.

3e *type*. Cristaux aplatis suivant h^1 (100) et présentant la face g^1 (010). J'ai eu l'occasion d'étudier de fort jolis cristaux transparents d'un jaune un peu verdâtre provenant du glacier d'Argentière et de Courmayeur. Ils sont souvent aplatis suivant h^1 (100) et sont riches en faces. Un cristal présente la forme p (001), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}01$), a^2 ($\bar{1}02$), h^3 (210), m (110) et aux extrémités g^1 (010), e^1 (011), e^2 (012), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) (fig. 8). Un autre possède en outre $d^{3/2}$ (113), $d^{1/2}$ (111).

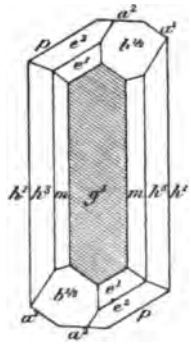


Fig. 8.
Epidote du glacier d'Argentière, projection sur g^1 (010).

Lévy dans son texte cite un cristal de Chamonix aplati suivant h^1 (100), présentant les formes p (001), a^3 ($\bar{1}03$), a^1 ($\bar{1}01$), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), m (110), g^1 (010), e^2 (012). Cependant, dans son atlas, la figure correspondante est représentée avec un aplatissement marqué suivant a^3 ($\bar{1}03$) (planche XXXVI, figure 8).

4e *type*. Cristaux aplatis suivant h^1 (100) et ne présentant pas de faces g^1 (010). Une observation analogue à la précédente doit être faite pour le cristal p (001), h^1 (100), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), a^1 ($\bar{1}01$), a^3 ($\bar{1}03$), a_3 ($\bar{2}11$) de la fig. 6, planche XXXVI de Lévy. Mais comme, dans le texte, le gisement de Chamonix est indiqué en seconde ligne, il est possible que la figure se rapporte à un cristal du Dauphiné présentant les mêmes formes avec un aplatissement différent.

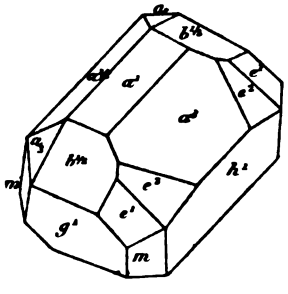


Fig. 9.
Epidote de Chamonix.

5e *type*. Cristaux aplatis suivant a^3 ($\bar{1}03$) et présentant aux extrémités les faces g^1 (010) très développées (Lévy, planche XXXVII, fig. 15 et 17). Les faces des cristaux de ce type présentent en outre des deux formes précédentes, h^1 (100), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), m (110), e^2 (012),

$b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), a_3 ($\bar{2}11$) (fig. 9), un autre cristal présente h^1 (100), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), a^1 ($\bar{1}01$), h^3 (210), e^1 (011), e^2 (012), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) et a_3 ($\bar{2}11$).

6e *type*. Cristaux aplatis suivant a^3 ($\bar{1}03$) et dépourvus de la face g^1 (010); les extrémités sont formées par les faces m (110). Les cristaux présentent en outre les formes suivantes : p (001), a^1 ($\bar{1}01$) ou enfin p (001), o^1 (101), h^1 (100), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), a^1 ($\bar{1}01$) (fig. 10) (planche XXXVI, fig. 2 et 7).

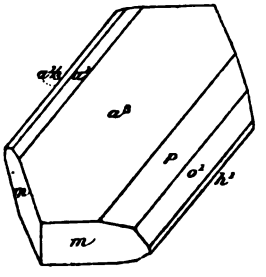


Fig. 10.
Epidote de Chamonix.

7e *type*. Cristaux non aplatis et terminés par g^1 (010). Les cristaux du glacier d'Argentière du 3e type sont accompagnés parfois de cristaux présentant les mêmes faces, mais en différant par ce fait que le cristal n'est pas aplati; les faces de la zone horizontale sont très cannelées et rendent souvent les mesures presque impossibles.

La fig. 11 représente un de ces cristaux dans lequel j'ai pu déterminer dans la zone de symétrie les faces suivantes : p (001), a^2 ($\bar{1}02$), a^1 ($\bar{1}01$), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), $a^{6/7}$ ($\bar{7}06$), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), h^1 (100).

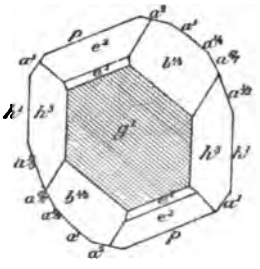


Fig. 11.
Epidote du glacier d'Argentière, projection sur g^1 (010).

8e *type*. Cristaux non aplatis et dépourvus des faces g^1 (010). J'ai rencontré parmi les cristaux d'Argentière des cristaux terminés par $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) et présentant dans la zone horizontale un grand nombre de faces courbes non mesurables donnant aux cristaux une forme cylindrique (fig. 12).

Tout récemment, MM. Duparc et Mrazec ont énuméré les faces qu'ils ont trouvées sur des cristaux d'épidote vert brunâtre provenant du glacier d'Argentière et de celui de Miage (*Arch. Sc. phys. et nat.* Genève XXVII. 659. 1889). Ces cristaux atteignent 15^{cm} de longueur et sont fréquemment tordus; ils présentent les faces h^1 (100), a^1 ($\bar{1}01$), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) et ($b^{1/2}$ $b^{1/6}$ $h^{1/3}$) ($\bar{4}23$).

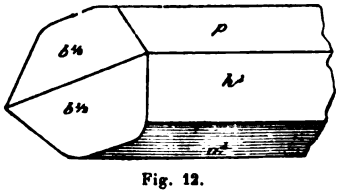


Fig. 12.
Epidote du glacier d'Argentière.

Au moment de la mise en pages de cette feuille, j'ai reçu de M. Duparc une série de ces cristaux qu'il ne m'a pas été possible d'étudier encore: ils se rapportent aux types 3, 4, 7, 8 : ils seront décrits dans le 1er supplément de cet ouvrage.

Enfin il y a lieu de signaler l'épidote filonienne ou formant des croûtes en buisson dans les fissures du granite (protogine) du glacier des Bossons, des Petits-Mulets, du Brévent, du dôme du Goûter, du glacier de Letalay, etc.

Isère. L'épidote est extrêmement abondante dans le Dauphiné où elle tapisse les fissures des amphibolites et des chloritoschistes plus ou moins granulitisés.

Romé de l'Isle (*op. cit.* II. 405) signale déjà le « *schorl vert* » du Bourg-d'Oisans découvert par de Bournon ; plus tard, de Saussure décrivit ce minéral sous le nom de *delphinite* pour rappeler son abondance dans le Dauphiné. Il a été aussi appelé *oisanite* ; (ce nom a été également donné à l'anatase).

Les gisements qui ont fourni les plus beaux cristaux se trouvent aux environs du Bourg-d'Oisans.

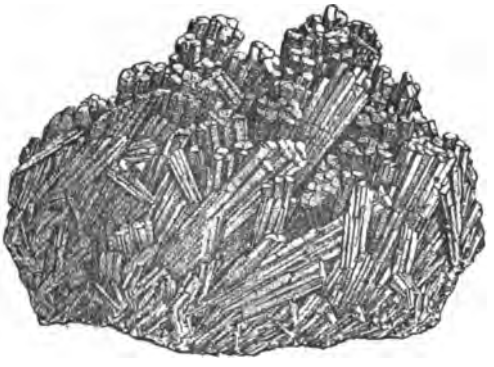


Fig. 13.
Epidote en buisson du Cornillon.

Les échantillons généralement distribués dans les collections et dont la fig. 13 représente le faciès habituel proviennent en grande partie des abrupts sud et est du sommet de la montagne désignée sur la carte d'état-major sous le nom de Cime-du-Cornillon (au nord-ouest du Bourg - d'Oisans). Dans beaucoup de vieilles collections et notamment dans celle du Museum de Grenoble, ils sont inexactement indiqués comme provenant de Malène. La localité ainsi désignée est le hameau de Mélaine, bâti sur le *lias*, qui vient s'appuyer sur les schistes cristallins du Cornillon beaucoup plus bas que le gisement de l'épidote.

Les échantillons du haut du Cornillon sont formés par l'agglomération en forme de buisson d'un grand nombre de cristaux à axes plus ou moins parallèles ; leur couleur est le vert olive souvent presque noir.

Le cachet de ces cristaux réside dans l'existence constante à leurs extrémités d'une large face g^1 (010), souvent accompagnée d'une bordure de m (110), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) et plus rarement de h^3 (210). Les faces de

la zone horizontale les plus habituelles sont p (001), o^1 (101), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}$01).

Ces cristaux tapissent des fissures d'amphibolites granulitisées. On a trouvé dans ce gisement des fentes de plusieurs mètres carrés entièrement tapissées de cristaux d'épidote, implantés normalement à la paroi.

Sur le même côté du Cornillon, mais à un niveau moins élevé, le guide Albertazzo exploite des veines d'épidote de même forme et de même couleur; elles sont accompagnées d'autres filonnets, riches en axinite et contenant des cristaux d'épidote de forme spéciale décrits par M. Groth et signalés plus loin.

Les échantillons qne j'ai vus chez M. Albertazzo sont quelquefois accompagnés de quartz hyalin.

Les auteurs qui ont décrit les cristaux d'épidote de cette région n'ont généralement pas précisé les provenances exactes de leurs matériaux d'étude et les ont indiqués comme provenant du Dauphiné ou du Bourg-d'Oisans.

Les travaux qui vont être résumés se rapportent à des cristaux du type de ceux du Cornillon.

Hermann (*J. für prakt. Chem.* XLIII. 93. 1848 et LXXVIII. 298. 1859) a décrit et analysé des cristaux vert olive de la forme p (001), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}$01) terminés par g^1 (010) très développée et $b^{1/2}$ ($\bar{1}\bar{1}$1), m (110) et h^3 (110).

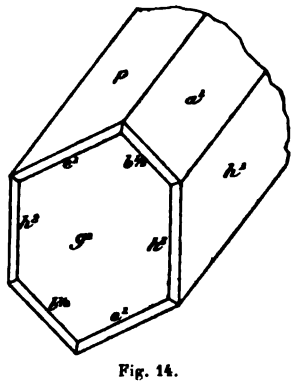


Fig. 14.
Epidote du Cornillon.

Hessenberg (*Mineral. Notizen*, n° 1) a décrit et figuré la combinaison : p (001), h^1 (100), o^1 (101), a^1 ($\bar{1}$01) (h^1 et o^1 sont très réduites), avec les faces suivantes aux extrémités : g^1 (010) dominante, h^3 (210) et a_3 ($\bar{2}$11). g^1 est fortement strié parallèlement à l'arête a^1 g^1 ($\bar{1}$01) (010); enfin la face a_3 est très réduite.

Haidinger a décrit (*Edingh.* J. X. 312. 1824) des cristaux du même type : p (001), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}$01), g^1 (010), h^3 (210).

Lévy a figuré deux cristaux d'épidote de cette région (*Descr. de la Coll. Heuland*, pl. XXXVI). L'un présente les formes p (001), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}$01) également développées; la face g^1 (010) est large et bordée

par e^4 (011), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), h^3 (210), l'autre présente en outre $o^{1/2}$ (201), a^3 ($\bar{1}03$) peu développée et ne possède pas $b^{1/2}$.

Les cristaux du Cornillon que j'ai personnellement étudiés ne m'ont présenté aucun fait nouveau. La fig. 14 représente l'un d'eux offrant la première des combinaisons décrite par Lévy.

J'ai recueilli des cristaux de ce même type, associés à du quartz hyalin dans les fissures des schistes amphiboliques du massif du Taillefer, au dessus du hameau des Roberts-en-Livet.

Enfin M. Termier m'a signalé l'abondance des cristaux d'épidote dans les fentes des amphibolites granulitisées de la chaîne de Belledonne et particulièrement de la partie haute de la Combe de Madame (région des Sept Lacs). Les cristaux que je dois à l'obligeance de ce savant sont identiques à ceux du Cornillon.

Le même minéral est très abondant dans tout le massif du Pelvoux.

Les cristaux d'épidote caractérisés par la prédominance de la face g^1 à leurs extrémités ne sont pas les seuls que l'on rencontre dans le Dauphiné ; en effet, M. Groth, dans le compte rendu d'une excursion dans cette région, a signalé (*Sitzb. Bayr. Akad.* 1885. 382) dans les fentes des amphibolites du flanc S. et E. du Cornillon des cristaux d'épidote jaune vert clair, accompagnés d'axinite : ils présentent les formes : p (001), h^1 (100), a^1 ($\bar{1}01$) et aux extrémités $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$). Ces cristaux sont fortement striés suivant la zone horizontale et sont en réalité constitués par l'empilement de cristaux très minces.

Les échantillons de ce gisement que m'a remis M. Albertazzo sont fréquemment riches en épidote groupée en faisceaux bacillaires. Les filonnets renfermant ces minéraux alternent avec d'autres dont il a été question plus haut et qui ne contiennent que de l'épidote vert foncé.

De beaux cristaux d'épidote vert foncé ont été trouvés autrefois dans les exploitations argentifères de la montagne de Chalanches près Allemont (Héricart de Thury. *I. M.* XX. 59. 1006). Ces cristaux se trouvent avec quartz, axinite, amiante et chlorite. M. Lory les a analysés. (*Analyse h.*)

J'ai eu l'occasion de voir dans une vieille collection des cristaux indiqués commc provenant de ce gisement : ils présentent une grande analogie avec les cristaux de Traversella (Montaieu) : ils sont aplatis suivant p (001) et terminés par m (110) ; il ne m'a du reste pas été possible de les étudier d'une façon complète.

Dans l'Oisans, on rencontre associés à l'axinite, au quartz et à la

prehnite des cristaux d'un vert jaunâtre clair ou d'un jaune pâle : ils sont rarement terminés soit par g^1 (010), soit par $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) dans un même gisement. Ces cristaux sont souvent vendus sous le nom impropre de *zoisite*.

Les gisements à signaler sont le rocher d'Armentier, au dessus du hameau du Vernis (Bourg-d'Oisans), la Balme-d'Auris, la Rampe-des-Commères (quartier de la montagne du Mont-de-Lans sur la route de Briançon), les environs du Chalet de la Selle, dans la gorge du Diable près Saint-Christophe (Combe de la Selle).

Les cristaux de la Rampe-des-Commères sont parfois groupés en masses grossièrement fibreuses et colorées en rouge par des inclusions d'hématite. Dans une fissure riche en cristaux d'axinite et de quartz découverte cette année par le guide Albertazzo, j'ai observé des cristaux fort nets d'épidote souvent englobés par le quartz.

A la Combe de la Selle, les cristaux jaune brunâtre sont rarement nets, ils sont associés à la prehnite, l'axinite, l'asbeste.

Il me reste à passer en revue les cristaux d'épidote décrits par divers auteurs comme provenant du Dauphiné ou de l'Oisans et dont je ne puis préciser le gisement exact

Lévy a figuré avec l'indication « département de l'Isère » des cristaux présentant l'un (pl. XXXVI. fig. 6), les formes p (001), h^1 (100), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), a^1 ($\bar{1}01$), a^3 ($\bar{1}03$), m (110) et a_3 ($\bar{2}11$), ce cristal est aplati suivant a^3 ($\bar{1}03$) ; l'autre (pl. XXXVII. fig. 14), les faces p (001), h^1 (100), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), a^5 ($\bar{1}05$) et aux extrémités h^3 (210), m (110), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$) Le premier est indiqué comme étant accompagné d'amphibole, le second de quartz.

M. Marignac a donné (*Arch. Sc. phys. Genève.* IV, 148. 1847) des angles mesurés sur des cristaux du Dauphiné sans indiquer ni la provenance exacte, ni le faciès des cristaux qu'il a étudiés. Il y a trouvé les formes suivantes : p (001), o^1 (101), $o^{1/2}$ ($\bar{2}01$), h^1 (100), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), $a^{2/3}$ ($\bar{3}02$), $a^{6/7}$ ($\bar{7}06$), a^1 ($\bar{1}01$), a^2 ($\bar{1}02$), g^1 (010), h^3 (210), m (110), e^1 (011), e^2 (012), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), $\nu = (b^1\ b^{1/3}\ h^{1/3})$ ($\bar{2}12$) et peut être $l = (b^{1/4}\ b^{1/6}\ h^{1/2})$ ($\bar{5}12$).

Dans sa monographie de l'épidote, M. Bücking (*Z. K.* II. 400. 1878) décrit à la suite de l'épidote de l'Oisans un cristal isolé, indiqué comme provenant de *Sala* (localité inconnue en Oisans). Ce cristal, dont la projection sur g^1 est représentée par la fig. 15, est aplati suivant p (001) ; il présente les nombreuses faces suivantes :

p (001), o^2 (102), o^1 (101), h^1 (100), $a^{1/5}$ ($\bar{5}01$), a^1 ($\bar{1}01$), a^2 ($\bar{1}02$) et aux extrémités les faces $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) dominantes avec g^1 (010), $n = (b^{1/23}\ d^{1/25}\ g^1)$ ($\bar{1}.24.1$) $w = (b^{1/7}\ d^{1/9} g^1)$ ($\bar{1}81$), m (110), h^3 (210), e^2 (012), e^1 (011), $l = (b^{1/4}\ b^{1/16}\ h^{1/5})$ ($\bar{5}12$).

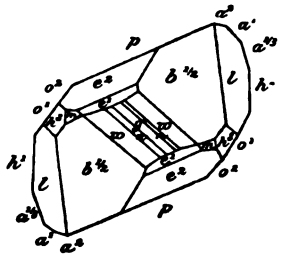


Fig. 15.
Epidote de l'Oisans, projection sur g^1 (010).

Le même auteur a décrit un cristal vert pistache clair, implanté avec quartz sur de l'épidote compacte et indiqué comme provenant du mont Sorel. On sait qu'il n'existe pas en Dauphiné de montagne de ce nom (voy. monazite); le gisement en question est peut-être l'Alpe Sarrel qui se trouve au N.-E. du Bourg-d'Oisans, près du hameau de Maronne, célèbre par les beaux cristaux de calcite et de quartz qu'on y a trouvés autrefois.

Quoi qu'il en soit, ce cristal présente (fig. 16) les formes p (001), h^1 (100), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$), a^1 (101), $d^{1/2}$ (111), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), e^2 (012), e^1 (011), h^3 (210), m (110), g^1 (010), a_3 ($\bar{2}11$) et peut être o^2 (102), $a^{4/3}$ ($\bar{3}04$) et a^2 ($\bar{1}02$) qui n'ont pu être mesurées avec précision.

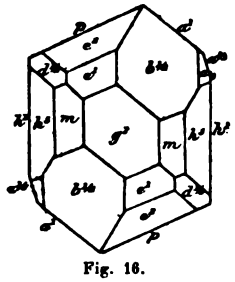


Fig. 16.
Epidote de l'Oisans, projection sur g^1 (010).

On remarquera l'analogie de forme que présente ce cristal avec ceux du massif du Mont-Blanc représentés par les fig. 8 et 11 et l'on peut se demander s'il ne provient pas du même gisement.

J'ai eu l'occasion d'étudier des cristaux vert pistache foncé atteignant 2 cm 5, et indiqués comme provenant de l'Oisans sans indication plus précise; leurs faces dominantes sont : p (001), h^1 (100), $a^{4/3}$ ($\bar{3}04$), a^1 ($\bar{1}01$), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$). En outre des faces précédentes, ils présentent dans la zone horizontale d'autres faces qui n'ont pu être mesurées à cause de profondes cannelures dans la zone d'allongement.

M. Damour possède dans sa collection un échantillon identique avec cristaux terminés à leurs deux extrémités par $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$); ils sont implantés avec quartz sur un gros cristal de calcite.

Le frère Euthyme m'a communiqué un échantillon d'épidote verte, moulée par de la calcite et recouverte par places par de petites paillettes d'*or natif*. Il est indiqué comme provenant de l'Oisans sans gisement plus précis.

Un autre échantillon est constitué par de l'épidote jaune verdâtre

rappelant comme couleur celle de la Piquette déras lids ; les cristaux sont groupés en grand nombre, formant des masses bacillaires dans des veines quartzeuses d'un chloritoschiste imprégné de chalcopyrite et de calcite.

Corse. — De petits cristaux verts d'épidote accompagnés d'albite et de chlorite ont été trouvés dans les fissures de la syénite de Matoni près Alata.

Madagascar. — M. Damour possède deux fragments d'un énorme cristal d'épidote présentant une surface de clivage très facile p (001) ayant environ 4^{cm} de côté, ainsi qu'un clivage très net suivant h^1 (100). Le minéral d'un beau vert foncé est translucide en lames de clivage un peu épaisses. Il a été trouvé avec la tourmaline décrite page 104 dans un lot de minéraux de Madagascar sans indications précises de gisement.

2° Dans les roches éruptives non quartzifères.

L'épidote est un des minéraux secondaires les plus fréquents comme produit d'altération des feldspaths basiques. La transformation se fait d'une façon analogue à celle que nous avons signalée pour leur transformation en zoïsite (*saussuritisation*) et que nous étudierons en détail à l'article Feldspaths (altération).

Dans les roches feldspathiques basiques, l'épidote s'isole souvent en cristaux microscopiques qui nous occuperont seuls ici.

Normandie et Bretagne. — Dans les diabases, diorites, porphyrites, kersantites de Bretagne et de Normandie, l'épidote est extrêmement répandue comme produit secondaire, s'isolant parfois en veinules ou en masses grenues ou fibreuses. Dans aucun gisement à ma connaissance, on n'a trouvé de cristaux déterminables.

Pyrénées. — Les roches vertes désignées dans les Pyrénées sous le nom d'*ophites* (diabases, gabbros et porphyrites à structure ophitique) renferment en grande abondance de l'épidote qui forme très souvent le remplissage de fissures pouvant atteindre 7 à 8^{cm} de largeur. Les cristaux groupés d'une façon grossièrement parallèle sont en général implantés normalement aux parois de la fissure. Quelquefois on trouve dans des cavités de petites aiguilles enchevêtrées. Je n'ai

[illegible] Dans [illegible]
[illegible] de la roche
[illegible] sont les [illegible]
[illegible] roches ophitiques
[illegible]
[illegible] Je me [illegible]
[illegible] rencontré et [illegible]

[illegible]

[illegible] de quartz
[illegible] colorés et
[illegible] environs de
[illegible] de

[illegible]

[illegible] dans les [illegible]

[illegible] pour les roches ophitiques de [illegible] avec celles des Pyrénées.
[illegible] que m'a communiqué
[illegible] de [illegible]-Resy,
[illegible] par ce savant
[illegible] sur le
[illegible] Elle est accom-

[illegible]

[illegible] par des
[illegible]

On peut citer à cet égard les calcaires modifiés par le granite de Dielette (Manche), ceux de l'Arbizon (Hautes-Pyrénées), de Bordes (Haute-Garonne), les cornes vertes du Lyonnais, du Beaujolais et du Morvan; les roches grenatifères de Framont, etc.

M. Gourdon m'a communiqué des nodules ayant environ 4^{cm} de diamètre et constitués par une épidote jaune vert clair en baguettes très serrées, divergeant d'un centre : ils proviennent des calcaires de Senet [Aragon] et accompagnent le grenat qui sera décrit plus loin.

Dans tous ces gisements, l'épidote forme rarement des cristaux nets et se présente en masses plus ou moins cristallines le plus souvent associées à du grenat. Les calcaires des environs de Barèges (Hautes-Pyrénées) renferment quelquefois des cristaux d'épidote, mais ceux-ci se sont formés par des druses postérieures à l'action du granite ; ils ont été décrits page 140.

Quant aux cristaux décrits comme épidote grise par de Charpentier (*op. cit.*, 222) et plus tard par Haüy dans les calcaires du mont Béat, d'Aulus, du col de la Trappe (Ariège) et divers autres points des Pyrénées, ils sont à rapporter au dipyre (couzéranite) et non à l'épidote.

PIÉMONTITE

$$H^2\,Ca^4\,(Al\,Mn)^6\,Si^6\,O^{26}.$$

$$b : h = 1000 : 966{,}927.\ D = 527{,}626.\ d = 849{,}477.$$

$$[a : b : c = 1{,}6100 = 1 : 1{,}8326\ \text{(Laspeyres)}]$$

$$z\,x = 64^\circ\ 39'.$$

Formes observées. m (110), h^1 (100), p (001), a^1 ($\bar{1}01$), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$).

Macles. Macles habituelles de l'épidote suivant h^1 (100) et très rarement suivant p (001).

	angles calculés		angles calculés		angles calculés
mm	111°	ph^1	115° 21′	$pb^{1/2}$	104° 44′
		pa^1	116° 30′		

Faciès des cristaux. Le seul cristal que j'ai observé est aplati suivant p (001) et allongé suivant l'arête ph^1 (001) (100) comme l'épidote normale.

Clivages. Clivage facile suivant p (001), moins facile suivant h^1 (100). Très fragile.

Dureté. Supérieure à 6.

Densité. 3,40.

Coloration. Rouge, brun rouge plus ou moins foncé. Poussière rouge cerise. Eclat vitreux.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë positive. D'après M. Laspeyres, dans la piémontite de Saint-Marcel la bissectrice obtuse (n_p) fait un angle de 6° 41′ (Na) avec l'axe vertical dans l'angle aigu ph^1 (001) (100); la bissectrice aiguë fait un angle de 32° 2′ avec la trace de p (001).

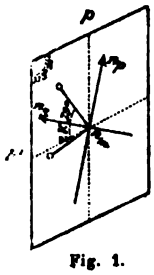


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

M. des Cloizeaux a obtenu pour l'écartement des axes de la piémontite de Saint-Marcel (*B. S. M.* VI, 24. 1883) :

$$2\,H_a = 82° \text{ à } 90°$$
$$2\,H_o = 121° \text{ à } 126°$$

conduisant pour la valeur (moyenne) de l'angle réel des axes :

$$2\,V = 79° \text{ environ.}$$

La biréfringence maximum est voisine de celle de l'épidote.

Pléochroïsme. — Le pléochroïsme est caractéristique et intense même en lames minces. On observe les teintes suivantes :

n_g = rouge vif.
n_m = violet améthyste.
n_p = jaune orange ou jaune citron.

Composition chimique. Je n'ai pu isoler une quantité de substance suffisante pour faire une analyse de la piémontite de Groix.

Essais pyrognostiques. Facilement fusible au chalumeau en un verre noir. Avec le borax, donne les réactions du manganèse. Les autres réactions sont celles de l'épidote.

Diagnostic. La piémontite possède en résumé toutes les propriétés de l'épidote dont elle diffère par sa couleur et son pléochroïsme (teintes rouge et jaune), le signe de sa bissectrice et les réactions du manganèse données au chalumeau.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La piémontite a été rencontrée dans des gisements manganésifères à St-Marcel [vallée d'Aoste], dans des schistes cristallins et des roches éruptives acides (porphyre rouge antique, granulite, etc.).

Bretagne. — *Morbihan.* J'ai décrit (*B. S. M.* XI. 148. 1888) de très petits cristaux d'épidote manganésifères découverts par M. de Limur dans le micaschiste de l'île de Groix.

Les échantillons que j'ai étudiés consistent en trois fragments de fer titané recouverts d'un peu de mica blanc, englobant de petits cristaux rouges qui ne dépassent pas 2^{mm} sur $0^{mm}25$. Ils sont aplatis suivant p (001); leur grande fragilité ne m'a permis d'isoler qu'un très petit fragment qui n'a pu être mesuré. Dans la zone d'allongement, ils présentent les faces p (001) dominantes avec p (001) a^1 ($\bar{1}01$), h^1 (100); leur extrémité est toujours arrondie, mais il est possible d'y reconnaître les faces m (110) et $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$).

Un petit cristal examiné au microscope montre à travers p (001) un axe optique. Le milieu du cristal est jaunâtre, tandis que les bords possèdent une couleur violet foncé avec un polychroïsme très marqué.

L'écartement des axes semble varier de la zone jaune à la zone violette et il est fort possible que l'on soit en présence d'un mélange d'épidote et de piémontite. Malgré la ressemblance de ce minéral avec l'épidote rose du Rothenkopf (Zillerthal) qui présente aussi un noyau jaune, je crois devoir rattacher les cristaux de Groix à la piémontite, la bissectrice aiguë étant positive. En raison de la petitesse des cristaux et de leur rareté, je n'ai pu obtenir de plaque suffisante pour la mesure de l'angle des axes optiques qui est très grand.

Plateau central. — *Haute-Loire.* Je signalerai pour mémoire la présence de petits cristaux de piémontite trouvés par M. Boule (*B. C. G. F.* n° 28. II. 39. 1092) comme élément microscopique d'une granulite des environs de Saint-Julien Chapteuil. Cette épidote rose y présente les mêmes caractères que dans le célèbre porphyre rouge antique.

ALLANITE

(ORTHITE)

$$H^2 (Ca\ Fe)^4 (Al\ Ce)^6 Si^6 O^{26}$$

$$b : h = 1000 : 958{,}388.\ D = 541{,}958.\ d = 840{,}415$$

$$[a : b : c = 1{,}55070 : 1 : 1{,}76838]$$

$$z\,x = 64° 59'$$

L'allanite n'a été rencontrée en France qu'en cristaux microscopiques peu allongés suivant la zone ph^1 (001) (100) et généralement terminés par la face m (110); ils sont souvent aplatis suivant h^1 (100). La macle suivant h^1 est assez fréquente.

Clivages. Clivages plus ou moins nets suivant p (001) et h^1 (100).

Dureté. 6.

Densité. 3 à 4.

Coloration. L'allanite est noir de poix et possède un éclat vitreux un peu gras, parfois semimétallique. En lames minces, le minéral devient transparent; dans les gisements français, il est brun de diverses nuances, très fréquemment zoné.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Nous avons indiqué, M. Michel Lévy et moi, que la bissectrice aiguë *négative* se confondait sensiblement avec la bissectrice de l'angle obtus ph^1 (001) (100). Depuis lors, j'ai eu l'occasion d'étudier un fragment de cristal d'allanite de Franklin (N. J.) présentant une face p (001) et une large face qui semble être a^1 ($\bar{1}01$).

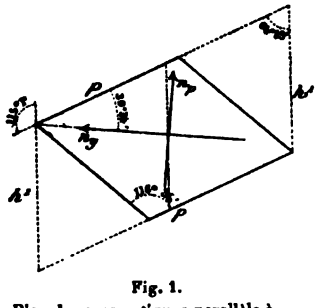


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

L'axe n_g fait un angle de 30° à 34° avec la trace du clivage p (001) dans l'angle *aigu* de $p\,a^1$ (001) ($\bar{1}01$). Il en résulte que la bissectrice *négative* n_p fait un très petit angle avec l'axe vertical, dans l'angle aigu ph^1 (001) (100) (fig. 1). Le minéral étudié n'étant transparent qu'en lames minces, l'angle d'extinction donné plus haut ne doit être considéré que comme une première approximation.

Les propriétés optiques ainsi établies sont tout à fait identiques à celles des autres minéraux du groupe de l'épidote.

n_m = 1.68 à 1.70
$2V$ = 65° à 70° environ.

La dispersion est forte.

La biréfringence est variable dans l'étendue d'une même plage et souvent en relation avec les zones diversement colorées; son maximum atteint : 0.032 (n_g-n_p). On observe souvent des cristaux complètement isotropes ou ne présentant que de petites plages biréfringentes, comme cela a lieu dans les orthites scandinaves.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est généralement énergique avec :

n_g = brun jaune, brun rouge.
n_m = brun rouge foncé, brun rouge.
n_p = brun verdâtre pâle, brun jaune.

L'allanite détermine des auréoles polychroïques énergiques dans la biotite qui l'englobe.

Composition chimique. L'allanite des gisements français n'a pu être analysée, ce minéral se présentant toujours en cristaux microscopiques. Une petite quantité isolée par les liqueurs denses a été attaquée par un acide; les terres rares ont été ensuite dissoutes dans du borax; la perle ainsi formée a donné au spectroscope les bandes d'absorption du didyme.

Essais pyrognostiques. Fusible au chalumeau avec bouillonnement en un verre noir magnétique; généralement attaquable avec l'acide chlorhydrique avant calcination.

Groupements réguliers d'allanite et d'épidote. — Il est très fréquent dans les roches de voir des cristaux d'allanite entourés par une zone d'épidote jaune qui possède la même orientation cristallographique que la zone brune centrale, tout en ayant une extinction un peu différente (fig. 2).

Diagnostic. La réfringence assez grande, la coloration inégale dans un même cristal, le polychroïsme dans les teintes brunes, les grandes variations dans la biréfringence, enfin l'association avec l'épidote constituent les meilleurs caractères distinctifs de l'allanite.

GISEMENTS

L'allanite se rencontre dans un grand nombre de roches éruptives et métamorphiques. Dans les gisements français, on la trouve presque exclusivement à l'état microscopique. Je citerai les plus intéressants.

1° *Dans les granites et microgranulites.*

Normandie. — *Manche.* Je l'ai rencontrée dans le granite de Flamanville.

Bretagne. — *Finistère.* M. de Limur a signalé autrefois ce minéral dans le granite à cordiérite (pinite) du Huelgoat. Nous avons étudié, M. Michel Lévy et moi (*B. S. M.* XI. 65. 1880), l'allanite du Pont-Paul, près Morlaix. Elle y forme de petits cristaux noirs atteignant $0^{mm}5$ que l'on peut parfois reconnaître à l'œil nu; ils sont en général entourés d'une auréole ocreuse. Ils sont parfois englobés par la biotite et déterminent dans celle-ci des auréoles polychroïques très intenses. Dans quelques échantillons l'allanite est tellement abondante qu'une préparation mince pour l'étude de la roche en renferme toujours plusieurs cristaux.

Alpes. — *Haute-Savoie.* L'allanite est un élément très fréquent dans le granite (protogine) du massif du Mont-Blanc. D'après M. Michel Lévy qui l'y a découvert (*B. C. G.* n° 9. 12. 1890), ce minéral est d'un brun rouge foncé en lames minces.

Corse. — C'est dans les mêmes conditions que l'allanite se rencontre dans le granite des environs d'Ajaccio; elle est en général entourée d'épidote.

Cochinchine. — J'ai trouvé l'allanite dans plusieurs des micropegmatites rapportées de Cochinchine par M. Petiton.

2° *Dans les schistes cristallins.*

Bretagne. — *Finistère.* J'ai décrit dans mon mémoire sur les gneiss à pyroxène (*B. S. M.* XII. 139. 1889) de très beaux exemples de cristaux d'allanite entourés d'épidote dans les gneiss amphiboliques de Geffren en Roscoff (fig. 2).

Plateau Central. — *Corrèze.* J'ai également rencontré ce minéral dans un gneiss recueilli par M. Fouqué entre Sexcle et la Broque-

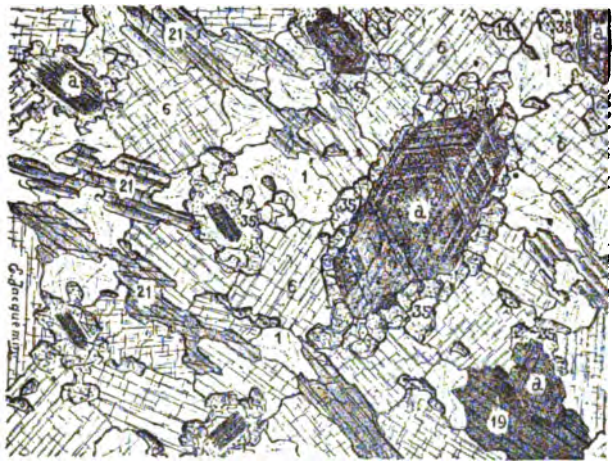


Fig. 2.

Allanite (a) entourée d'épidote (35) dans un gneiss amphibolique constitué par de l'oligoclase (6), du quartz (1), de la hornblende (21) et de la biotite (19). — Geffren en Roscoff. (*Lame mince vue en lumière polarisée parallèle*).

rie. Il détermine des auréoles polychroïques intenses dans la biotite qui l'englobe.

IDOCRASE

$$[H^6\,(Ca\,Mg)^3\,(Al\,Fe^2)]^{11}\,Si^{15}\,O^{65}$$

Quadratique :

$$b : h : 1000 : 379{,}849.\quad D = 707{,}107$$

$$[a : c = 1 : 0{,}53719]$$

Formes observées. m (110), h^1 (100) h^3 (210); p (001); a^1 (101); $b^{1/2}$ (111), $b^{1/3}$ (331).

Je n'ai eu l'occasion de mesurer que deux cristaux d'idocrase de

gisements de notre région provenant l'un de Péguères (*), l'autre du col de Boups(**).

	Angles calculés	Angles mesurés		Angles calculés	Angles mesurés		Angles calculés	Angles mesurés
mm	90°		pa^1	151°45′	151°42 (**)	$b^{1/2}b^{1/2}a_1p$	105°33′	105°37′(*)
mh^1	135°		a^1h^1	118°15′		$pb^{1/6}$	113°41′	
mh^2	161°34′		$pb^{1/2}$	142°47′	142°47′ (**)	$b^{1/2}b^{1/6}$	147°54′	
h^2h^1	153°26′	153°20′ (**)	$b^{1/2}m$	127°20′	127°13′ (**)	$b^{1/6}m$	156°19′	

Faciès des cristaux. Les cristaux nets sont généralement courts et peu allongés suivant l'axe vertical. J'ai eu l'occasion d'étudier un cristal allongé suivant une arête *pm* (001) (110). Nos cristaux provenant presque tous de calcaires ont leurs faces généralement corrodées ou arrondies. Ils se rapportent à deux types suivant que la base (fig. 3, 4) ou que l'octaèdre $b^{1/2}$ (111) existent au sommet seuls ou associés (fig. 1).

Souvent l'idocrase s'allonge beaucoup suivant l'axe vertical; les baguettes ainsi formées s'associent en grand nombre à axes plus ou moins parallèles pour constituer des masses bacillaires. Très rarement, le diamètre de ces baguettes devient assez petit pour que le minéral constituant de véritables fibres se groupe sous forme de longs sphérolites aplatis (Arbizon).

Clivages. Clivages très difficiles suivant *m* (110), h^1 (100) et *p* (001). Cassure inégale.

Dureté. 6,5.

Densité. 3,35 à 3,45. 3,336 (Mail Plané). La densité s'abaisse à 2,95 après fusion.

Coloration. Vert de diverses nuances (vert pistache, vert jaune), brun rougeâtre, jaune de diverses nuances, rarement bleu ou rose. L'examen en lames minces montre que l'idocrase présente très fréquemment des zones de coloration différente.

Eclat vitreux, un peu résineux. Poussière blanche. Le minéral est transparent ou translucide. Les échantillons de ces gisements ne sont transparents qu'en lames minces.

Propriétés optiques. Uniaxe et *négatif.* En lumière convergente, la croix noire se disloque souvent. M. Mallard a observé des anomalies optiques qui lui font considérer le réseau de l'idocrase comme monoclinique. Des anomalies fort intéressantes ont été décrites récemment

par M. Prendel (*Z. K.* XVII. 95) dans l'idocrase de Wilui qui est optiquement *positive*.

M. des Cloizeaux a donné les nombres suivants pour les indices de l'idocrase de la Somma (jaune) :

$$n_g^{\omega} = 1.719 \text{ à } 1.722.$$
$$n_p^{\varepsilon} = 1.718 \text{ à } 1.720.$$

On en déduit pour la biréfringence maximum :

$$n_g - n_p = 0{,}001 \text{ à } 0{,}002$$

Ces derniers nombres sont des minima et des mesures directes font voir que la biréfringence maximum s'élève jusqu'à 0,005 ou 0,006.

Pléochroïsme. L'idocrase de divers gisements est pléochroïque avec maximum d'absorption suivant n_g^{ω}. Les cristaux que nous étudions ici sont trop peu transparents pour qu'on puisse les étudier à ce point de vue sous une épaisseur suffisante.

Composition chimique. L'analyse suivante a été faite sur l'idocrase du Mail Plané décrite plus loin :

SiO^2.....	37,23
Al^2O^3.....	18,32
Fe^2O^3.....	9,55
CaO.....	32,46
H^2O.....	2,45
	100,01

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fond facilement avec bouillonnement en un verre jaune, brun ou verdâtre. Très difficilement attaquable par les acides, mais fait gelée avec l'acide chlorhydrique après calcination ou même après fusion.

Diagnostic. La forme des cristaux d'idocrase est caractéristique. Les masses bacillaires peuvent être confondues avec quelques variétés d'épidote auxquelles elles sont souvent associées. Les caractères au chalumeau et surtout l'examen au microscope rendent le diagnostic facile.

En lames minces, les caractères distinctifs de l'idocrase consistent dans sa haute réfringence, sa très faible biréfringence, le signe négatif de son allongement et la forme souvent trapue de ses sections de la zone verticale, enfin dans ses zones de diverses nuances qui s'observent presque toujours.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'idocrase se trouve en France dans trois genres de gisements différents :

1° Dans les calcaires précambriens ou paléozoïques au contact du granite ;

2° Dans des filons de quartz de granulite traversant les micaschistes, les schistes micacés ou les calcaires (précambriens) et dans ces derniers calcaires métamorphisés par la granulite ;

3° Dans les gneiss à pyroxène.

Dans aucun de ces gisements, l'idocrase n'est drusique ; aussi les cristaux distincts sont-ils rares ; ce minéral est le plus souvent accompagné de grenat grossulaire.

1° *Dans les calcaires modifiés par le granite.*

Pyrénées. — Un des traits saillants de la géologie des Pyrénées consiste dans l'existence de niveaux calcaires dans toutes les formations géologiques, y compris les gneiss.

Le granite se trouve en contact avec des calcaires précambriens, siluriens, dévoniens dans un très grand nombre de points et y développe généralement de l'idocrase, du grenat et plus rarement de la wollastonite. Il suffit donc de jeter les yeux sur une carte géologique des Pyrénées pour voir les localités nombreuses où l'on peut rencontrer ces minéraux. Je me contenterai de citer les plus typiques.

Basses-Pyrénées. Au dessus des Eaux-Bonnes, les calcaires dévoniens des alentours des mines d'Anglas et d'Ar renferment en assez grande abondance du grenat et de l'idocrase. La roche a été soumise à des actions mécaniques puissantes qui ont écrasé les minéraux que l'on rencontre sous forme de petits rognons jaunes ou brunâtres atteignant quelques centimètres ; ils sont déchiquetés sur les surfaces attaquées par les agents atmosphériques. Aussi n'est-il guère possible d'isoler des cristaux ayant des formes nettes. L'examen microscopique fait voir qu'ils sont toujours brisés et imprégnés de calcite.

Je n'ai pas exploré beaucoup cette région, mais il me semble probable que ces minéraux se rencontrent dans d'autres points entre le gisement d'Ar et celui de Cauterets.

Hautes-Pyrénées. Picot de Lapeyrouse a signalé le premier l'idocrase

à la Peyrère de Cauterets, montagne désignée généralement aujourd'hui sous le nom de Pic de Péguères. Dans ce gisement, au contact du granite (route de la Raillère), on observe des schistes pétrosiliceux très durs : les calcaires y forment de petits lits dans lesquels ont été développés le grenat et l'idocrase. Ces calcaires métamorphisés ne se voient que difficilement en place, mais ils peuvent être recueillis dans les éboulis qui surmontent le petit chemin conduisant de la route de la Raillère au bois de Péguères. Par suite de l'action des eaux pluviales, ces blocs calcaires sont corrodés superficiellement et laissent en relief leurs minéraux silicatés.

Les minéraux de ce gisement sont fort beaux mais en réalité peu abondants.

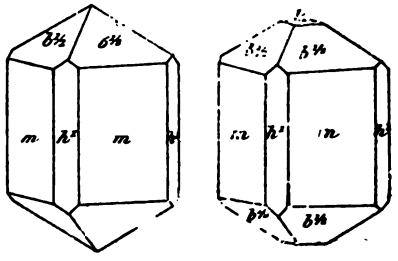


Fig. 1. Fig. 2.

Idocrase de Péguères.

L'idocrase est brun verdâtre ou vert pistache. En traitant le calcaire par un acide, il est facile de dégager ce minéral. Je dois à l'obligeance de M. Frossard la communication d'un petit cristal vert représenté par la fig. 1 et montrant la combinaison m (110), h^1 (100), $b^{1/2}$ (111); quelques cristaux présentent en outre la face p (001) (fig. 2).

Cette forme est celle que possèdent les cristaux bien connus de Wilui, mais elle est rare à Péguères et les cristaux les plus fréquents, de couleur jaune brunâtre ou verdâtre, présentent les formes m (110), h^1 (100), p (001) (fig. 4). Il n'est pas rare de les voir intimement associés aux grenats; ils sont soit enveloppés par ces derniers, soit implantés sur eux (fig. 3).

Fig. 3.

Cristaux d'idocrase (*i*) implantés sur des rhombododécaèdres de grenat (*g*) dans le calcaire de Péguères.

Quand on les a dégagés par les acides, on constate que leurs faces sont souvent creusées de nombreuses cavités. Les cristaux se sont formés dans le calcaire et ont englobé les cristaux de calcite de celui-ci, comme la staurotide de Bretagne l'a fait pour les grains de quartz (page 10, fig. 8). M. Frossard a trouvé dans

ce gisement des agrégats bacillaires d'idocrase gris brunâtre, analogues à ceux de l'Arbizon qui vont être décrits.

L'idocrase se rencontre en abondance beaucoup plus grande et dans les mêmes conditions au contact du granite du massif de Néouvielle avec les calcaires paléozoïques (dévoniens?). Les gisements les plus importants à signaler sont les pics du Bassia, d'Arbizon, de Montfaucon. L'idocrase y est associée au grenat comme au pic de Péguères. Nous verrons plus loin que l'axinite a souvent été en outre produite, mais toujours postérieurement à ces deux derniers minéraux.

Au cirque d'Arec formé par les pics de Bassia, d'Arbizon et de Montfaucon, j'ai observé le contact immédiat du granite et des calcaires paléozoïques. On y voit ces derniers transformés en grenat massif, accompagné d'idocrase brune en cristaux peu allongés ($p\,h^1\,m$) (fig. 4).

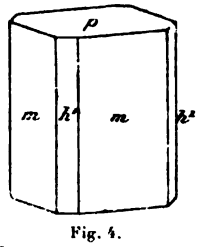


Fig. 4.
Idocrase du Pic d'Arbizon.

Par places, ces minéraux sont disséminés en bons cristaux au milieu du calcaire. Plus loin, les calcaires moins modifiés alternent avec des bancs silicatés; le contact de ces deux roches est souvent constitué par de l'idocrase se présentant sous une forme particulière. C'est celle qui a été trouvée autrefois par Picot de Lapeyrouse (Charpentier, *op. cit.*, 277).

Le minéral forme alors des rosettes constituées par un très grand nombre de longues aiguilles de 1^{cm} à 5^{cm} disposées autour d'un centre. Elles ressemblent à la coupe diamétrale d'un énorme sphérolite. Cette idocrase est verte ou brune dans les surfaces exposées à l'air; dans les cassures fraîches, elle est souvent blanc grisâtre. Quelques échantillons plus finement fibreux et verts ressemblent à de l'actinote ou à de l'épidote.

La formation de cette idocrase est postérieure à celle du grenat, car on voit souvent ces rosettes interrompues par un cristal de ce dernier minéral.

Cette variété d'idocrase s'observe surtout au pied des derniers escarpements du pic de Bassia et de celui de l'Arbizon; elle s'y rencontre en abondance extraordinaire.

M. Gourdon m'a communiqué de superbes cristaux d'idocrase brun jaune ou brun verdâtre qu'il a recueillis sur le versant espagnol des Pyrénées dans le massif des Posets.

Le gisement se trouve au col qui sépare le pic de Boups (pic de Box) et le pic de la Habana (pic de Comajuana de la carte de M. Schra-

der). L'idocrase est accompagnée de grenat grossulaire rose chair dans un calcaire voisin du granite.

Les cristaux présentent les faces p (001) m (110) h^1 (100); souvent à peu près également développées, avec $b^{1/2}$ (111) (fig. 5) et parfois des traces de h^3 (210).

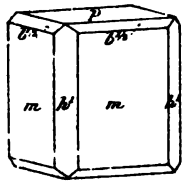


Fig. 5.
Idocrase du col de Boups.

La figure 6 représente uncristal de la collection de M. Gourdon présentant un curieux allongement suivant une arête ph^1 (001) (100). Le cristal montre les faces h^1 (100) et p (001) dominantes avec m (110), h^3 (210), $b^{1/2}$ (111) et a^1 (101). Il mesure 7^{cm} de plus grande dimension et a environ 3^{cm}5 de hauteur et de largeur.

Ce gisement mérite une mention toute spéciale et son exploration approfondie permettrait d'y recueillir de beaux échantillons de collection.

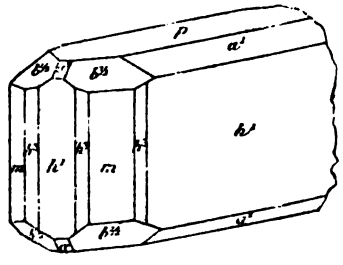


Fig. 6.
Idocrase du col de Boups, allongée suivant l'arête de zone ph^1 (001) (100).

Le grenat jaune de la montagne de Senet [Catalogne] est accompagné d'idocrase jaune verdâtre, d'épidote, etc. A la pique Fourcanade [Aragon], M. Gourdon a aussi trouvé de l'idocrase et du grenat semblables à ceux de l'Arbizon.

Ariège. M. Caralp m'a indiqué l'existence de l'idocrase et du grenat dans les calcaires paléozoïques au contact du granite du lac de Bethmale (massif du Mont-Vallier). Ces cristaux sont du même type que ceux de l'Arbizon.

Dans la vallée d'Aulus, j'ai observé également ces deux minéraux à la mine des Argentières. L'idocrase se présente en cristaux brunâtres m (110), h^1 (100), p (001) très cannelés et difficiles à isoler de leur gangue. Ils sont accompagnés de wollastonite.

Un peu plus à l'est, les mêmes minéraux se rencontrent au port de Saleix et notamment sur son flanc S. E. (vallée de Saleix).

Dans les contacts du granite et des calcaires anciens des environs de Quérigut, qui seront décrits plus loin à l'occasion du grenat grossulaire, l'idocrasse se rencontre en petite quantité. On peut citer notamment le roc de l'Encledous, au dessous du col de Paillières près Mijanès, ainsi que le pic de Ginevra. Dans ce dernier gisement, l'idocrase brun rouge foncé se présente soit en cristaux à formes nettes, soit en cristaux bacillaires, rappelant l'égérane de Bohême.

Pyrénées Orientales. — L'idocrase se trouve dans les mêmes conditions sur la rive gauche de l'Aude, près de la forge de Puyvalador, ainsi qu'au pic de Madrès : les cristaux de ce dernier gisement m'ont été donnés par M. Roussel.

Plateau Central. — *Rhône.* Fournet (in Drian, *op. cit.*, 230) a trouvé l'idocrase dans les cornes vertes de Chessy. Ces roches constituées en grande partie par du pyroxène, du grenat, etc., seront étudiées plus loin en détail.

Vosges. — Je dois à l'obligeance de M. Vélain un bloc constitué en grande partie par de l'idocrase accompagnée d'un peu de grenat. Il a été recueilli au contact d'une porphyrite amphibolique et d'un calcaire paléozoïque à Raon-l'Etape. Les cristaux d'idocrase atteignent 5^{cm} de plus grande dimension sur 1^{cm}3 de diamètre environ. Ils sont enchevêtrés les uns dans les autres et cimentés par un peu de calcite et de quartz. Ce n'est qu'à grand'peine que j'ai pu isoler en partie un cristal présentant les faces *m* (110), h^1 (100), *p* (001), $b^{1/2}$ (111), $b^{1/6}$ (331). Ils sont d'un vert jaunâtre foncé à la périphérie et jaune vert à l'intérieur. La partie centrale des cristaux est translucide alors que leur surface est opaque. Il serait sans doute possible de trouver de très beaux cristaux dans ce gisement.

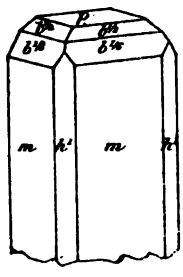


Fig. 7.
Idocrase de Raon-l'Etape.

2° *Dans les filons ou amandes de quartz de pegmatites et dans les calcaires modifiés par la granulite.*

L'idocrase de ce genre de gisement est toujours accompagnée de grenat grossulaire, quelquefois d'épidote. Elle se présente d'ordinaire en masses bacillaires.

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* Dans les carrières du Pont-du-Cens, de la Trémissinière et de Barbin, à Nantes, M. Baret a trouvé de l'idocrase en masses bacillaires blanches, jaunes ou un peu verdâtres. Ce minéral est associé au grenat et à l'épidote. Généralement, quand l'idocrase est blanche, les grenats qui l'accompagnent sont incolores ou blancs.

Ces minéraux forment avec du quartz au milieu de micaschistes granulitisés de petits lits qui ont été primitivement riches en calcite,

dissoute plus tard par les actions atmosphériques. Les minéraux que nous étudions ont été ainsi mis à découvert; ils présentent les caractères des minéraux dégagés d'un calcaire; les cristaux de grenat sont souvent incomplets, criblés de cavités, friables, etc.

M. Baret m'a indiqué le même minéral dans les gneiss pyroxéniques à wernérite de la carrière de l'Etang, près Saint-Nazaire.

Pyrénées. — Dans les Pyrénées, l'idocrase de cette catégorie de gisement a un cachet particulier; elle est généralement associée à un grenat grossulaire jaune rougeâtre.

Hautes-Pyrénées. J'ai trouvé de l'idocrase en petits cristaux bruns dans les veines quartzeuses associées aux cipolins des gneiss granulitiques de la montée du Lac-Bleu par Chiroulet (vallée de Lesponne).

Les calcaires précambriens ou paléozoïques intercalés dans les schistes micacés à andalousite du massif du pic du Midi sont extrêmement riches en idocrase. A une centaine de mètres de l'observatoire du pic, j'ai recueilli au milieu de ces calcaires de l'idocrase jaune verdâtre, transparente, en prismes bacillaires associés à de gros grenats grossulaires jaune rougeâtre. Ces minéraux se trouvent implantés sur le quartz au contact du calcaire.

Au dessus du lac d'Oncet, entre l'hôtellerie du pic du Midi et le col d'Oncet, j'ai trouvé l'idocrase en grands cristaux brun rouge foncé, présentant des formes nettes p (001), m (110), avec quelquefois h^1 (100) engagés dans le calcaire. Après avoir franchi le col d'Oncet dans les éboulis qui conduisent au col d'Aube, on trouve en abondance le même minéral; mais c'est surtout dans les roches calcaires de la Som de Pène-Blanque que longe le sentier conduisant du col d'Aube au Lac Bleu que l'idocrase est extraordinairement abondante en prismes bacillaires bruns ou rougeâtres plus ou moins foncés, associés au grenat grossulaire. Ces deux minéraux forment souvent de véritables roches, rappelant celles que l'on observe au contact du granite et des calcaires paléozoïques du pic d'Arbizon. Cependant, dans ce gisement, ces minéraux sont dus très nettement à l'action de la granulite.

Le massif du pic du Midi, compris entre la vallée de Lesponne au nord et la vallée du Bastan au sud, est extrêmement intéressant au point de vue des minéraux d'origine métamorphique qu'il renferme. L'éloignement de lieux habités en rend malheureusement assez difficile l'étude approfondie.

Haute-Garonne. M. Gourdon m'a communiqué des masses bacillaires d'idocrase brunâtre constituées par des cristaux très cannelés ayant 2^{cm}5 de longueur environ et englobés par du quartz avec quelques cristaux b^1 (110) de grenat. Ce quartz forme des veinules dans le calcaire de Port-Vieux (haute région orientale de la vallée du Lys, près Luchon).

Au Mail Plané près Luchon, l'idocrase se présente sous la même forme, sa couleur est le jaune brunâtre clair; sa composition chimique a été donnée plus haut.

Ariège. Les schistes micacés des environs d'Ax renferment de petits bancs calcaires presque entièrement modifiés et transformés en une roche composée de pyroxène et localement d'idocrase et de grenat.

A la montée de la route de Prades, au dessus du Couloubret à Ax, on voit sur le bord de la route des filonnets de quartz qui sont riches en petits cristaux : m (110), h^1 (100), p (001) et plus rarement a^1 (111), d'idocrase brun clair. Ils sont généralement opaques, très cannelés; accidentellement on trouve de très petits cristaux qui sont translucides. Ce minéral a été signalé pour la première fois par M. Caralp. (*Thèse.* Toulouse, 1888.)

J'ai retrouvé ce minéral dans les mêmes conditions le long d'un petit sentier qui descend du village d'Ascou vers un moulin situé dans le ravin. L'idocrase forme parfois des bancs atteignant plusieurs centimètres d'épaisseur; elle est brun foncé, mais ne se présente pas en cristaux déterminables.

3° *Dans les gneiss à pyroxène.*

Bretagne. — *Morbihan.* Le gneiss à pyroxène de Roguédas contient des masses bacillaires brun cannelle d'idocrase (type égérane) associées à la wollastonite, etc., qui ont été indiquées pour la première fois par M. de Limur (*op. cit.*, 78). Elles atteignent parfois plusieurs centimètres de longueur.

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* Le gneiss à pyroxène de Saint-Clément identique à celui de Roguédas (voir *B. S. M.* XII. 146. 1889) renferme également de l'idocrase.

ORTHOSILICATES

GROUPE DES PÉRIDOTS

Ce groupe de minéraux est constitué par plusieurs types qui tous sont orthorhombiques (sauf peut-être le titanolivine) et dont la composition chimique est représentée par la formule générale :

$$R^2 Si O^4$$

dans laquelle

$$R = (Mg, Ca, Fe, Mn \text{ ou } Zn)$$

Dans le titanolivine, une partie de *Si* est remplacée par *Ti*.

On distingue dans ce groupe les types suivants :

Forstérite.....	$Mg^2 Si O^4$
Monticellite....	$Mg Ca Si O^4$
Olivine ..... *Hyalosidérite*.	$(Mg, Fe^2) Si O^4$
Titanolivine....	$(Mg,Fe)^2 (Si Ti) O^4$
Hortonolite....	$(Fe, Mg)^2 Si O^4$
Fayalite.....	$Fe^2 Si O^4$
Knebélite.....	$(Fe, Mn)^2 Si O^4$
Téphroïte.....	$Mn^2 Si O^4$
Roeppérite.....	$(Fe, Mn, Zn)^2 Si O$

Deux seulement de ces minéraux se trouvent en France : l'*olivine* et la *fayalite*. J'ai cependant étudié en outre le *titanolivine* qui provient de Zermatt [Valais] et qui est intéressant à cause de son analogie de caractères extérieurs avec la humite d'un gisement pyrénéen.

OLIVINE

$(Mg\ Fe)^2\ Si\ O^2$[1]

Orthorhombique : $mm = 119°\ 13'$ (Dx.).

$b : h = 1000 : 401{,}725.\quad D = 862{,}602.\quad d = 505{,}883.$

$[a : b : c = 0{,}58646 : 1 : 0{,}46573]$

Formes observées. h^1 (100), g^1 (010), g^3 (120) ; p (001), a^1 (101) ; e^1 (011), $e^{1/2}$ (021).

Macles. Macles suivant m (110) qui ne se présentent que rarement dans les cristaux des roches parmi les gisements que nous étudions ici.

La plupart des auteurs étrangers adoptent une autre forme primitive. Voici la concordance avec la position adoptée ici et qui est celle de M. des Cloizeaux. Il me semble préférable de la conserver, car elle met en évidence la forme limite du péridot :

Notre	devient		Notre	devient	
h^1 (100)	p (001)		a^1 (101)	a^1 (101)	
g^1 (010)	g^1 (010)		e^1 (011)	m (110)	
g^3 (120)	$e^{1/2}$(021)		$e^{1/2}$(021)	g^3 (120)	
p (001)	h^1 (100)				

Les cristaux d'olivine des gisements français proviennent tous de tufs ou de scories basaltiques et sont généralement recueillis dans les sables. Il en résulte qu'ils sont presque toujours roulés ou qu'ils sont enduits de matière vitreuse, ce qui rend les mesures précises impossibles.

1. L'olivine peut être considérée comme constituée par un mélange isomorphe de forstérite (Mg^2SiO^2) et de fayalite (Fe^2SiO^2). Je n'ai pas séparé l'olivine renfermant de 5 à 25 °/° de FeO de la hyalosidérite en renfermant de 25 à 30 °/°. D'après M. Max Bauer, les paramètres de la hyalosidérite du Kaiserstuhl sont les suivants :

$b : h = 1000 : 403{,}192.\quad D = 861{,}236.\quad d = 508{,}095.$

$[a : b : c = 0{,}58996 : 1 : 0{,}46815.]$

Les angles que je donne ici ont été mesurés sur des cristaux provenant des tufs basaltiques de Bessac en Saint-Jean-de-Nay et des sables d'Espaly (Haute-Loire).

	Angles calculés	Angles mesurés		Angles calculés	Angles mesurés		Angles calculés	Angles mesurés
mm	119° 13′		$a^1 a^1$ sur h^1	76° 54′	76° 43′	$p e^{1/2}$	137° 2′	
$g^3 h^1$	130° 27′		$p h^1$	90°		$e^1 e^{1/2}$	162° 1′	162° 5′
$g^3 g^3$ sur h^1	80° 54′	81° 10′	$p e^1$	155° 1′		$e^{1/2} g^1$	132° 58′	133° 5′
$g^3 g^1$	139° 33′	140° 1′	$e^1 g^1$	114° 58′	115° 15′	$p g^1$	90°	90°
$a^1 h^1$	128° 27′		$e^1 e^1$ sur p	130° 3′	129° 51′			

Faciès des cristaux. Les cristaux des gisements étudiés ici sont généralement un peu allongés suivant l'arête $p\,g^1$ (001) (010). Quand la face g^1 (010) est très développée, ils ont la forme de petites tables très caractéristiques. Ce développement est celui qu'on observe généralement dans le péridot microscopique des roches volcaniques basiques. Dans quelques cristaux de la Réunion, j'ai observé un allongement curieux suivant l'axe vertical (fig. 11).

Clivages. Clivages, assez facile suivant g^1 (010), difficile suivant p (001). En lames minces, ces clivages ne se voient pas toujours; ils apparaissent dans l'olivine en voie d'altération.

Cassure conchoïdale.

Dureté. 6.5 à 7.

Densité. 3.2 à 3.34; 3.38 (Lherz, *Damour*); 3.204 (Arignac).

Coloration. Jaune plus ou moins verdâtre. Par altération, le minéral devient jaune ou rougeâtre; l'examen microscopique fait voir que ce changement de couleur est dû à des produits de décomposition.

Eclat vitreux, transparent ou translucide.

Inclusions. L'olivine renferme souvent des inclusions d'hématite qui seront décrites aux altérations. Dans les roches basiques, elle contient des inclusions vitreuses avec ou sans bulle, des cristaux arrondis de magnétite et de pléonaste; dans les lherzolites et les nodules à olivine des basaltes, elle renferme des inclusions gazeuses et liquides avec ou sans bulles mobiles (acide carbonique liquide ou peut-être carbure d'hydrogène très volatil).

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë *positive*, perpendiculaire à p (001).

M. des Cloizeaux a mesuré les indices suivants sur l'olivine de Torre del Greco (Na) :

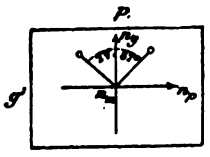


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à A^1 (100).

$$n_g = 1.697$$
$$n_m = 1.678$$
$$n_p = 1.661$$

La biréfringence maximum est :

$$n_g - n_p = 0,036$$

L'écartement des axes est toujours très grand. J'ai déduit la valeur suivante de la mesure de 2 *d* (Na) :

$2V = 88°$ Saint-Jean-de-Nay.

La dispersion est faible avec $\rho < v$.

Le péridot des nodules à olivine et des péridotites présente souvent en lames minces des extinctions roulantes dues à ce que les sections considérées sont constituées par des plages, séparées par des lignes droites et s'éteignant à partir d'elles sous des angles ne dépassant pas 3°. M. Michel Lévy considère ces apparences comme dues à des groupements suivant *p* (001) de l'ordre de ceux qui s'observent dans un grand nombre de minéraux pseudosymétriques ; peut-être pourrait-on voir là des macles secondaires.

Composition chimique. Analyses : *a*) de l'olivine des nodules péridotiques de Langeac, par Berthier (*A. M.* X. 369. 1825).

b) de l'olivine de Bessac en Saint-Jean-de-Nay (Haute-Loire) (Lx.).

c) du Vivarais, sans indication plus précise, par Walmstedt (*Stockholm, Acad. Handl.* II. 359. 1824.).

d) de l'olivine de la lherzolite de l'étang de Lherz, par M. Damour (*B. S. G.* XXIX. 413. 1862).

e) de l'olivine des cipolins d'Arignac (Lx.).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)		*e*)
SiO^2...	40,8	40,09	41,44	40,59		39,12
MgO...	41,6	43,96	49,19	43,13		47,23
FeO...	16,4	15,85	9,72	13,73		13,13
MnO..	»	»	0,13	1,60	perte	0,64
CaO...	»	»	0,21	»		»
Al^2O^2..	»	»	0,16	»		»
	98,8	99,90	100,85	99,05		100,12

Beaucoup de péridots sont nickelifères. Je n'ai pas eu l'occasion de le constater directement pour ceux des gisements français. Cependant la lherzolite de Moncaup (Haute-Garonne) très serpentinisée renferme souvent de petites veines de *garniérite* qui s'est formée aux dépens du péridot de la roche; celui-ci n'étant pas intact, aucun essai n'est possible à cet égard. Les célèbres gisements de nickel de la Nouvelle-Calédonie ne semblent pas avoir une autre origine.

Berzélius a signalé des traces de cuivre dans l'olivine d'Auvergne (in Rammelsberg *Handl. d. Miner. Chem.* 429).

Essais pyrognostiques. L'olivine est infusible au chalumeau; les variétés très ferrifères (*hyalosidérite*) fondent difficilement en un globule noir magnétique. Très facilement attaquable par les acides (même par l'acide acétique) en faisant gelée.

Altérations. L'olivine est un des silicates s'altérant avec le plus de facilité et donnant ainsi naissance au plus grand nombre de substances différentes.

Ces transformations peuvent être ramenées à quatre types :

1° *Transformation en carbonates.* Certaines péridotites présentent ce mode de décomposition d'une façon très nette; il en résulte la formation d'un carbonate de magnésie; la silice se dépose sous forme d'opale; il se forme aussi des produits ferrugineux. A Moncaup (Haute-Garonne), les carbonates ont été en partie enlevés par lévigation et l'opale subsiste à peu près seule.

Dans un grand nombre de basaltes d'Auvergne, l'olivine est transformée en carbonates rhomboédriques. Ce mode d'altération est très fréquent dans les pépérites de la Limagne dont j'ai observé un grand nombre de préparations grâce à l'obligeance de M. Gautier.

Le basalte de Montaudou près Royat et les nodules à olivine qu'il renferme sont aussi remarquables à ce point de vue. Dans ces derniers, la transformation se propage le long des clivages du péridot. Les pseudomorphoses présentent souvent alors en lames minces une apparence fibreuse.

2° *Rubéfaction sans hydratation.* Ce mode d'altération s'observe surtout dans les nodules à olivine. Dans certains gisements, on les voit devenir rouge foncé. L'examen d'une lame mince fait voir que l'olivine seule est altérée; dans tous ses clivages, dans toutes ses cassures se

développent de très fines lamelles d'hématite y dessinant de délicates arborisations ou des arabesques parfois très élégantes (fig. 2) qui se détachent en rouge vif sur le fond incolore de l'olivine. Les lamelles sont polychroïques; le péridot intact gêne pour l'étude de leurs propriétés optiques; il n'est cependant pas douteux qu'elles soient constituées par de l'hématite.

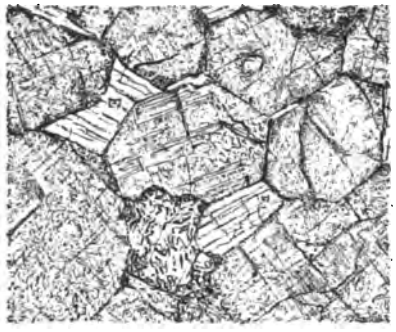


Fig. 2.
Lame mince taillée dans un nodule à olivine rubéfiée constitué par de l'olivine criblée d'inclusions d'hématite et par un peu d'enstatite (E). Ardes (Puy-de-Dôme).

En chauffant au rouge vif pendant quelque temps, dans un creuset de platine, des fragments de lherzolite, des nodules à olivine et des cristaux d'olivine, j'ai reproduit très facilement tous les stades de cette transformation.

3° *Rubéfaction avec hydratation.* L'olivine de très nombreuses roches basiques présente un autre mode d'altération. Le minéral se transforme soit par la périphérie, soit par le centre (fig. 3) en un produit biréfringent brun rouge qui l'épigénise parfois complètement. Dans certains cas, il semble que cette substance soit de la göthite; dans d'autres, au contraire, elle est constituée par un silicate ferrugineux hydraté de composition du reste encore indéterminée. C'est particulièrement le cas qui se présente dans les basaltes du Mont-Dore récemment décrits par M. Michel Lévy (*B. S. G. Réunion extraordinaire à Clermont-Ferrand* 1890). Les propriétés optiques de ce minéral seront étudiées à la suite du groupe du chrysotile.

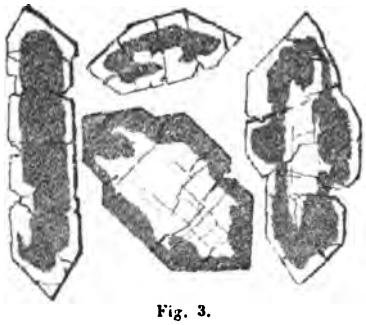


Fig. 3.
Sections microscopiques d'olivine se transformant en produits ferrugineux rouges biréfringents (Mont-Dore).

Ce mode de rubéfaction est extrêmement fréquent dans toutes les roches volcaniques à olivine française, dans celles de la Réunion, etc.

Les péridots rubéfiés ont été considérés autrefois comme des substances spéciales et désignés sous le nom de *chusite*, *limbilite*, etc.

3° *Serpentinisation.* Ce mode d'altération est le plus fréquent et celui

que l'on observe particulièrement d'une façon constante dans les péridotites. La serpentinisation consiste dans une hydratation plus ou moins complète de l'olivine conduisant à la formation de minéraux du groupe du chrysotile avec ou sans résidu de produits amorphes, ferrugineux ou magnésiens. Les minéraux cristallins qui prennent ainsi naissance seront étudiés en détail à l'article *chrysotile*. Je me contenterai de rappeler que lorsque l'olivine se serpentinise, elle se fendille; dans ses fissures, dans ses clivages se développent des fibres ou des rubans de chrysotile qui peu à peu finissent par remplacer complètement le minéral primordial (fig. 4).

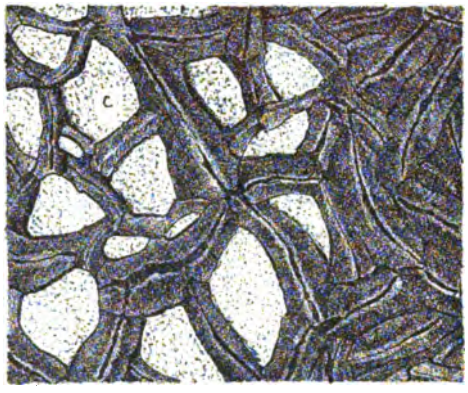


Fig. 4.
Lame mince d'une péridotite montrant la tranformation de l'olivine en chrysotile (serpentinisation) (Etang de Lherz).

Le chrysotile est incolore en lames minces ou légèrement verdâtre. La bissectrice positive est parallèle à l'allongement des fibres et sa biréfringence maximum d'environ 0.01.

Le péridot de quelques roches volcaniques se transforme en un produit plus ferrugineux vert ou jaune de diverses nuances, polychroïque, dont la biréfringence maximum peut dépasser 0.025. Tantôt cette substance est fibreuse ou se présente en sphérolites, rappelant certaines chlorites (*delessite*), tantôt, au contraire, elle constitue des plages homogènes ayant la forme du péridot épigénisé. Elle se rencontre surtout dans les basaltes anciens (*mélaphyres*). La bissectrice est négative et l'écartement des axes souvent faible. Je les considère comme des silicates de magnésie et de fer hydratés dont j'essaierai d'établir les relations mutuelles à la suite de l'article chrysotile. Il est possible que le minéral du Mont-Dore étudié par M. Michel Lévy et signalé plus haut appartienne à cette série et en soit un terme très ferrugineux.

C'est au même groupe de produits qu'il y a lieu de rattacher la *garniérite* d'un beau vert qui se trouve dans les péridotites serpentinisées de la Nouvelle-Calédonie et dans celles de Moncaup (Haute-Garonne).

On sait que la *villarsite* est un péridot transformé en chrysotile. On

verra plus loin que c'est par erreur que cette substance a été signalée dans les granites du Forez et du Morvan.

4° *Transformation en amphibole.* Enfin l'olivine de nombreux gisements présente une transformation périphérique curieuse que j'ai observée et décrite dans les gabbros à olivine du Pallet (Loire-Inférieure). Les grains d'olivine qui sont englobés par le feldspath s'entourent d'une double couronne périphérique incolore dans la zone intérieure, verte dans la zone en contact avec le feldspath. Au Pallet, la première semble être constituée par de la trémolite (?) en baguettes accolées, la seconde est formée par de l'actinote. Elle est généralement

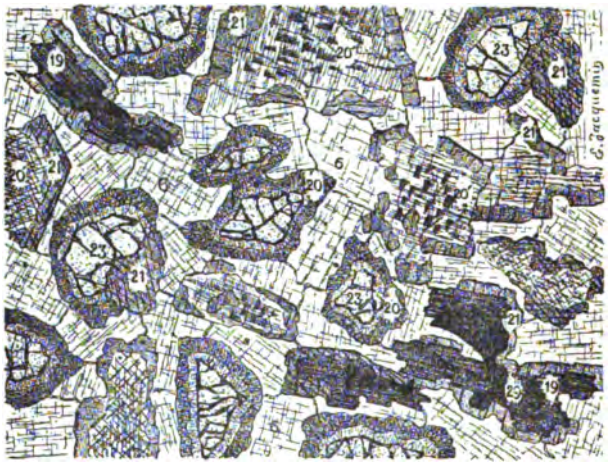


Fig. 5.
Lame mince du gabbro à olivine du Pallet (Loire-Inférieure) montrant l'olivine (23) entourée d'une double zone périphérique (20) d'actinote et de trémolite. La roche renferme en outre du diallage (20') de la hornblende (21), de la biotite (19) et du labrador (6). (*Lumière naturelle*).

fibreuse et son extrémité plongeant dans le feldspath est souvent vermiculée et dentelliforme ; les couronnes rappellent la kélyphite se développant autour du pyrope des péridotites ainsi que les produits de transformation du pyroxène des éclogites de la Loire-Inférieure. Assez rarement, l'olivine est entièrement transformée.

Il est probable que le feldspath fournit une partie des éléments des minéraux nouvellement formés puisque c'est à son contact seul que se produisent ces intéressants phénomènes qui ne s'observent plus quand l'olivine est englobée par le pyroxène.

Ce mode de transformation de l'olivine est fréquent dans les gabbros scandinaves où il a été étudié pour la première fois; les pétrographes qui l'ont décrit le considèrent comme dû au dynamométamorphisme.

Dans les lherzolites des divers gisements de l'Ariège et particulièrement dans celle de Sem, j'ai observé des diaclases microscopiques dans lesquelles l'olivine, aussi bien que le pyroxène, est transformée en amphibole vert clair dentelliforme dans du feldspath triclinique ou quelquefois dans du dipyre.

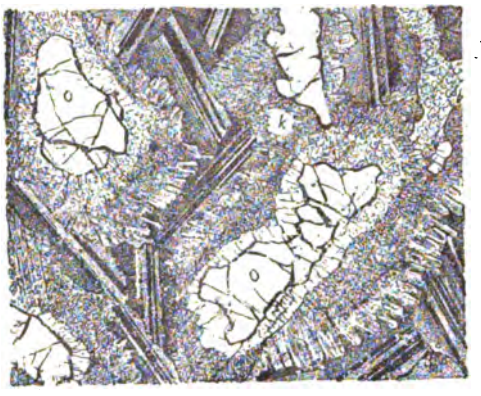


Fig. 6.

Lame mince de la roche représentée par la fig. 5 (lumière polarisée). L'olivine se trouve en plus grands cristaux. La double couronne périphérique (*k*) de l'olivine (*o*) est plus nette.

Diagnostic. Les cristaux de péridot sont faciles à reconnaître; la densité, la facile attaque par les acides sont des caractères très typiques de ce minéral. Dans les lames minces, les propriétés optiques ne sont pas moins caractéristiques. Quand le minéral présente des formes propres, on les reconnaît à leurs profils à pointements aigus (fig. 12) (distinction avec pyroxène), à leur réfringence élevée, accompagnée d'un aspect chagriné spécial aux minéraux durs, à leur absence de coloration.

En lumière polarisée parallèle, on constate une biréfringence élevée ($n_g - n_p = 0{,}036$), des extinctions parallèles aux côtés et aux traces des clivages quand il en existe. Dans la grande majorité des cas, les cristaux sont allongés suivant l'arête $p\ g^1$ (001) (010) et alors on peut constater que le plan des axes optiques est transversal à l'allongement et que ce dernier est tantôt positif [g^1 (010)], tantôt négatif [p (001)] (fig. 12). L'olivine est exceptionnellement allongée suivant l'axe vertical dans les microlites de quelques roches spéciales. Les faces g^3 (120) dominent dans la zone verticale; les sections transversales p (001) présentent des pointements à 80° 54′ alors que les sections longitudinales à extinctions symétriques par rapport aux côtés ont la forme représentée par la fig. 13. L'allongement est toujours de signe positif.

Enfin les produits d'altération ferrugineux viennent compléter le diagnostic, car ils manquent aux minéraux (pyroxènes) avec lesquels on

pourrait confondre parfois l'olivine. Les produits magnésiens d'altération du pyroxène se distinguent bien de ceux du péridot.

On a vu plus haut (p. 122) que les propriétés optiques seules sont insuffisantes pour assurer le diagnostic différentiel de l'olivine et de la humite rhombique en l'absence des formes géométriques : l'analyse chimique seule peut trancher la question.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'olivine constitue un élément essentiel ou accessoire d'un grand nombre de roches, mais dans les gisements français elle ne se rencontre en cristaux macroscopiques que dans les produits de projection volcaniques. Ces cristaux sont soit isolés dans les tufs ou sables, soit adhérents à des laves scoriacées dont il est possible de les extraire. J'étudierai tout d'abord le petit nombre des gisements de ce genre pour m'occuper ensuite de l'olivine considérée comme élément de roches.

a) Gisements des cristaux d'olivine.

Plateau central. — *Haute-Loire.* Les tufs et les cendres basaltiques de cette région renferment par place des cristaux d'olivine assez nets ; on les retrouve aussi dans les ruisseaux ayant lavé les formations précédentes. On peut citer comme gisement particulièrement intéressant à ce point de vue les tufs de Bessac en Saint-Jean-de-Nay et ceux

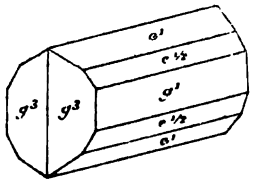


Fig. 7.
Olivine de Saint-Jean-de-Nay.

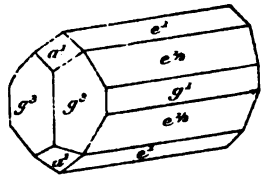


Fig. 8.

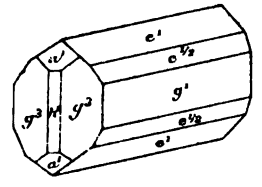


Fig. 9.
Olivine du Coupet.

du volcan du Coupet sur les communes de Mazeyrat et de Saint-Eble. Dans ce dernier gisement, on trouve en même temps que le péridot, et beaucoup plus abondants que lui, des cristaux de corindon et de zircon

provenant de la démolition d'enclaves de roches anciennes (granulite et gneiss) arrachées aux profondeurs par des éruptions basaltiques.

De jolis cristaux se rencontrent aussi dans les sables du Riou-Pezzouliou à Espaly; ils sont accompagnés des mêmes minéraux.

Les cristaux de tous ces gisements sont identiques; ils varient de dimension depuis 2^{mm} jusqu'à 1^{cm} environ. Ils présentent ordinairement la combinaison g^1 (010), g^3 (120), e^1 (011), $e^{1/2}$ (021) (fig. 7) à laquelle s'ajoutent plus rarement a^1 (101) (fig. 8) et h^1 (100) (fig. 9).

Ils sont ou bien nettement allongés suivant p g^4 (001) (010) ou bien aplatis suivant g^4 (010) et alors grâce à un développement à peu près égal suivant les axes a et c, ils présentent la forme de petites tables rectangulaires (fig. 10). Le premier type est surtout abondant à Saint-Jean-de-Nay et au Coupet. Le second n'est pas rare à Espaly.

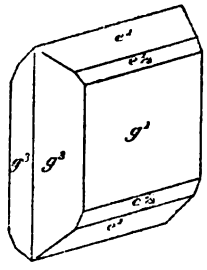


Fig. 10.
Olivine d'Espaly aplatie suivant g^4 (010).

Pascal (*op. cit.* 396) signale en outre de petits cristaux d'olivine dans les scories basaltiques poreuses du Croustet, de Taulhac, de Mons, etc.

Puy-de-Dôme. Bouillet a signalé des cristaux de péridot dans le basalte de Gergovia, près du village de Merdogne. Cette observation n'a pas été confirmée.

La Réunion. — Les produits de projection basaltiques de la Réunion sont connus depuis longtemps pour leurs cristaux d'olivine déjà cités par Haüy (*op. cit.* 472) qui signale des cristaux de 4^{mm} dans la rivière Saint-Denis; le cristal qu'il a représenté offre les formes h^1 (100), g^3 (120), g^1 (010), a^1 (101), e^1 (011), $e^{1/2}$ (021).

J'ai moi-même décrit (*B. S. M.* VII. 172. 1884) de très jolis cristaux de ce gisement qui m'ont été donnés par M. Ch. Velain. Ce savant les a recueillis à la plaine des Sables près du Volcan (*Descript. géol. de la presqu'île d'Aden, de l'île de La Réunion*, etc. Paris, 77. 1878). Ils y forment avec des cristaux d'augite de véritables sables que l'on rencontre dans tous les ravins voisins.

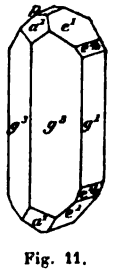


Fig. 11.
Olivine allongée suivant l'axe vertical.
(La Réunion).

La forme du plus grand nombre d'entre eux est celle des cristaux les plus communs dans le Velay : g^1 (010), g^3 (120), e^1 (011), $e^{1/2}$ (021) accompagné parfois de a^1 (101) et de h^1 (100); cette dernière forme est assez rare et constituée toujours par de très petites facettes (fig. 7 à 9).

J'ai cru autrefois voir sur un petit cristal les faces m (110), mais

après nouvel examen, le cristal est tellement arrondi qu'elles me semblent douteuses.

Enfin j'ai observé deux très petits cristaux présentant un allongement anormal, suivant l'axe vertical. L'un d'eux porte une face *p* (001) arrondie (fig. 11).

b) Olivine considérée comme élément constitutif des roches.

Nous avons à considérer successivement le péridot comme élément : 1° des roches volcaniques, 2° des roches grenues (péridotites, gabbros, etc.), et 3° des calcaires cristallins.

1° *Dans les roches volcaniques.*

L'olivine se rencontre généralement dans les roches volcaniques à l'état d'élément ancien de première consolidation ; exceptionnellement, on l'y trouve à l'état microlitique de seconde consolidation.

Péridot de première consolidation. Le péridot de première consolidation est un des éléments essentiels, caractéristiques des basaltes[1] tertiaires ou antetertiaires (mélaphyres), des limburgites, des néphélinites basiques, etc. Il se rencontre en outre occasionnellement dans certaines labradorites et andésites basiques, enfin il existe comme élément essentiel de roches exceptionnelles communes au Mont-Dore (*Trachytes augitiques à olivine*).

Dans les basaltes, l'olivine est souvent macroscopique ; elle y est parfois extrêmement abondante, comme cela a lieu notamment dans la variété désignée en Auvergne sous le nom de basalte porphyroïde et dans quelques laves de l'île de la Réunion dans lesquelles l'olivine forme une partie notable de la roche. Dans les basaltes et les néphélinites, l'olivine offre souvent des formes propres et, d'après les sections microscopiques, il est facile de voir que ses cristaux ont exactement la forme de ceux des tufs basaltiques que nous avons décrits plus haut. En général, ils sont d'autant plus nets que la roche qui les renferme est plus vitreuse.

Les cristaux offrent très souvent des formes cristallitiques montrant

1. J'emploie la nomenclature pétrographique de MM. Fouqué et Michel Lévy basée sur la composition chimique et la structure ; le lecteur la trouvera exposée à l'article « Feldspaths ».

que, comme dans les reproductions synthétiques de MM. Fouqué et Michel Lévy et dans les scories métallurgiques, le cristal a commencé par un squelette se remplissant du dehors au dedans. Les cristaux d'olivine sont fréquemment corrodés par le magna qui les englobe (fig. 12, *b*).

Les macles avec pénétration suivant *m* (110) sont rares dans les roches françaises.

L'olivine constitue un des minéraux les plus anciens des roches basaltiques et ne renferme guère à l'état d'inclusions que de la magnétite, de petits octaèdres a^1 de spinelle brun, de l'apatite ou du zircon, ainsi que des inclusions vitreuses.

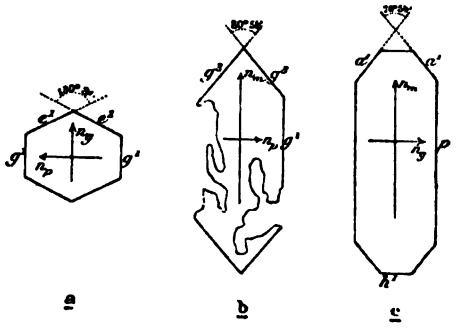


Fig. 12.

Sections orientées d'olivine de première consolidation des roches basaltiques montrant leurs profils et leur orientation optique : *a*) section transversale h^1 (100), *b*) section *p* (001), *c*) section g^1 (010).

On observe tous les modes d'altération cités plus haut. Ils sont naturellement plus fréquents dans les basaltes anciens (mélaphyres) que dans ceux de la période tertiaire.

Dans les labradorites, les andésites et les trachytes augitiques à olivine, le péridot présente les mêmes propriétés que dans les basaltes ; les formes nettes y sont peut-être plus rares.

Péridot de seconde consolidation. Dans les roches françaises, le péridot de seconde consolidation est une exception. Il se rencontre exclusivement dans les andésites et labradorites augitiques de la chaîne des Puys où M. Michel Lévy l'a signalé le premier (*C. R.* 10 *nov.* 1890) et dans quelques-unes de celles du Velay étudiées par M. Boule (*B. C. G.* n° 28. III. 138. 1892). Il y forme de petits cristaux allongés suivant l'axe vertical (fig. 13) dont le centre est souvent occupé par la matière vitreuse (fig. 13, *b* et *c*).

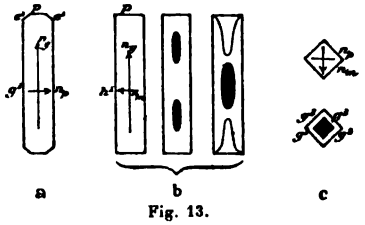


Fig. 13.

Sections orientées de microlites d'olivine allongés suivant l axe vertical (chaine des Puys). *a*) section h^1 (100), *b*), section g^1 (010), *c*) sections transversales *p* (001). (D'après M. Michel Lévy).

2° *Dans les roches grenues.*

Dans cette catégorie de roches, l'olivine existe dans les gabbros

et les diabases et surtout dans les péridotites qui sont parfois presque entièrement formées par ce minéral. Aussi m'étendrai-je particulièrement sur cette dernière catégorie de roches. Enfin on le rencontre dans les météorites.

a) *Péridotites.*

L'olivine est l'élément unique ou essentiel des roches grenues qui constituent le groupe des péridotites. Des noms spéciaux ont été attribués par divers pétrographes aux diverses roches auxquelles donne naissance la combinaison de l'olivine avec l'enstatite, les pyroxènes rhombiques et la hornblende. Je rappellerai que ces types sont les suivants :

Dunite	olivine seule.
Harzburgite	olivine et enstatite.
Lherzolite.....	olivine, enstatite, diopside.
Wehrlite.....	olivine, diallage, hornblende.
Picrite	olivine, augite.
Picrite à hornblende.	olivine, hornblende.

Toutes ces roches renferment en outre du spinelle. Elles ont une grande tendance à se transformer en serpentine. Dans les gisements français, les types les plus fréquents sont la lherzolite et la picrite à hornblende, bien que les deux premiers soient assez abondamment répandus dans les Vosges, où ils sont presque toujours serpentinisés.

Dans toutes ces roches, l'olivine est grenue, sans forme géométrique. Les inclusions liquides à bulle y sont parfois abondantes. Le mode d'altération le plus habituel est la transformation en chrysotile. Je commencerai par la lherzolite qui est la plus abondante en France.

Péridotites à enstatite et diopside (lherzolite).

Pyrénées.— Cette roche a été découverte par Lelièvre qui la signala en 1787 dans le *Journal de physique* et la décrivit comme formant une variété de péridot. Picot de Lapeyrouse (*Fragments sur la minéralogie des Pyrénées*, p. 27) essaya de montrer qu'elle constituait une variété d'épidote. Le nom de lherzolite fut créé par de Lamétherie (*Théorie de la terre*, II. 281). Plus tard, Charpentier (*op. cit.*, 246)

consacra une longue description à cette roche et voulut en faire un pyroxène en roche.

C'est M. Damour qui a démontré l'inexactitude des observations des anciens auteurs et établi que la lherzolite constituait une roche composée d'olivine, de pyroxène vert chromifère, d'enstatite et de spinelle (picotite) (*B. S. G.* 2e sér. XIX. 413. 1862).

Les échantillons étudiés par M. Damour renfermaient environ 75% de l'olivine dont l'analyse a été donnée plus haut.

La lherzolite est une roche jaune verdâtre finement grenue, très dense (4.08). Ses éléments sont parfois exactement calibrés ; dans d'autres cas, on observe des concentrations de pyroxène vert ou d'enstatite brune et de picotite noire.

Ariège. La lherzolite est surtout abondante dans l'Ariège où je l'ai particulièrement étudiée. La masse la plus importante se trouve à l'Etang de Lherz, au sud de Massat; il en existe une série très nombreuse d'affleurements depuis Lherz jusqu'à Suc et aux environs de Vicdessos et de Sem. Une autre série de gisements commence à Bestiac et Caussou dans la vallée de l'Ariège et se retrouve très développée aux environs de Prades (Ariège).

Cette roche se rencontre toujours au milieu des massifs de calcaires dolomitiques secondaires. J'ai pu déterminer approximativement son âge qui date du milieu du jurassique.

J'ai en effet constaté, notamment au bois de Fajou près Caussou, d'intéressants phénomènes de contact de la lherzolite avec les calcaires marneux du lias moyen et recueilli en de nombreux points des galets lherzolitiques dans les calcaires dolomitiques supérieurs dont l'âge est malheureusement encore indécis, mais certainement compris entre le lias supérieur et le crétacé inférieur.

Les masses de lherzolite de l'Ariège, sauf quelques exceptions, ne se serpentinisent que peu profondément; la roche exposée à l'air devient rougeâtre et les buttes de lherzolite se distinguent de loin, tranchant sur leur fond de calcaire blanc par leur couleur et leur aridité complète.

La roche étudiée en lames minces montre une structure grenue très nette; seul le spinelle, quand il est inclus dans l'olivine, présente des formes géométriques.

Il n'est pas rare de trouver des macles de diopside et d'enstatite. Enfin j'ai rencontré à Caussou une variété de lherzolite dont tous les

éléments sont moulés par de grands cristaux porphyriques (atteignant 0 cm 5) de hornblende noire offrant en lames minces une couleur jaune analogue à celle de la hornblende basaltique.

La roche présente des traces évidentes des phénomènes mécaniques qui ont bouleversé la région; souvent tous ses éléments sont écrasés et l'on observe leurs fragments cimentés par leurs débris, présentant un type de la *structure en mortier*. L'enstatite est courbée et tordue; l'olivine présente des extinctions ondulées, un même cristal étant constitué par plusieurs plages à séparations rectilignes; peut-être se trouve-t-on là en présence de macles par compression. Dans plusieurs gisements, et notamment à Prades et à l'Etang de Lherz, la lherzolite est traversée par des veinules pegmatoïdes de composition variée (pyroxène, spinelle, pléonaste vert, enstatite — enstatite et hornblende — hornblende, pyroxène, spinelle, enstatite, olivine) renfermant parfois du grenat pyrope avec bordure de kelyphite et plus rarement de l'anorthite.

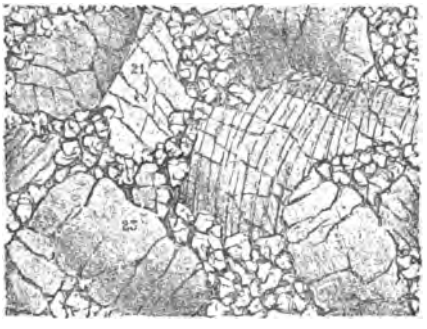


Fig. 14.
Lherzolite de Lherz montrant les déformations mécaniques subies par la roche.
De grands cristaux d'olivine (23), de diopside (21), des plages tordues d'enstatite sont entourées par de l'olivine écrasée.

La lherzolite de l'Ariège se transforme parfois en serpentine (cette transformation n'est jamais que partielle dans les gisements de cette région); on en voit de bons exemples aux environs de Prades et à l'étang de Lherz.

A Sem et à Suc, j'ai observé des cas rares de formation de microscopiques veinules d'actinote secondaire traversant la roche et semblant se produire aussi bien aux dépens de l'olivine qu'à ceux des pyroxènes. Cette amphibole forme des aiguilles ou de petits squelettes vermiculés au milieu d'un minéral à un axe négatif qui paraît être du dipyre : dans d'autres cas, l'élément blanc est du feldspath triclinique.

Haute-Garonne. Dans la Haute-Garonne, les lherzolites sont souvent transformées en serpentine. A Moncaup et à Arguénos la serpentinisation presque complète est accompagnée de formation de veines d'opale et de carbonate de magnésie : la serpentine renferme plusieurs variétés

fibreuses de chrysotile (voir à chrysotile). Dans le même gisement, il existe des roches exceptionnelles constituées par du pyrope entouré de kelyphite et du diallage montrant de beaux phénomènes de torsion accompagnés de macles secondaires.

M. Gourdon m'a communiqué de petites veinules vertes de *garniérite* qu'il a recueillie dans la serpentine de Moncaup. Ce minéral provient certainement comme celui de la Nouvelle-Calédonie de la décomposition du péridot de la lherzolite qui doit être faiblement nickelifère.

La lherzolite se rencontre en outre dans plusieurs autres points de la chaîne des Pyrénées.

Plateau central. — Il existe dans la région gneissique du Plateau central et notamment dans la vallée de l'Allier (Saint-Projet, Saint-Ilpize, etc.) de nombreux gisements de serpentine qui doivent être rapportés à la décomposition de la lherzolite, le péridot n'y est intact que çà et là. L'origine de ces péridotites n'est pas claire et l'on ne sait pas exactement si elles constituent des bancs contemporains des gneiss et des amphibolites qui les renferment ou si elles y forment des masses intrusives.

Un grand nombre d'auteurs signalent sur l'autorité de M. des Cloizeaux l'existence de la lherzolite à Beyssac (Haute-Loire). M. des Cloizeaux m'a assuré n'avoir jamais vu cette roche. Il y a là certainement une méprise ; la roche de Beyssac décrite par M. Damour dans le mémoire cité plus haut possède bien la composition minéralogique de la lherzolite, mais elle constitue un des nodules à olivine dont il sera question plus loin. L'échantillon étudié provient sans doute de Bessac en Saint-Jean-de-Nay.

Vosges. — Un certain nombre de serpentines des Vosges proviennent de lherzolites. On peut à ce point de vue citer celles des Bagnelles près du Col du Bonhomme, de Haut-Naymont près Saint-Dié, etc.

Esterel. — C'est sans doute au même type qu'appartiennent les serpentines de la Molle près Cogolin sur lesquelles j'aurai l'occasion de revenir au sujet des silicates hydratés de magnésie.

Péridotite à enstatite seule (harzburgite).

La péridotite constituée par de l'olivine et de l'enstatite ne se rencontre guère en France qu'à l'état de serpentine et notamment dans les Vosges à Faurupt et dans divers points de la Corse.

Péridotite sans bisilicates (dunite).

La péridotite sans pyroxène constitue le type le plus abondant dans les Vosges ; on la trouve notamment à Narouel, Saint-Etienne, Cleurie, Chondray, Haycot en Brezouars, entre Eloyes et Jarmenal, aux Houx, au Goujot, etc. La plupart de ces péridotites sont grenatifères et renferment les pseudomorphoses qui seront étudiées à l'article *grenat pyrope*.

C'est à l'un des types précédents et peut-être aussi à la dunite qu'il faut rapporter les serpentines de la Nouvelle-Calédonie qui renferment la garniérite constituant à l'heure actuelle le meilleur minerai de nickel exploitable.

Péridotite à hornblende (picrite à hornblende).

J'ai découvert dans l'Ariège des gisements importants de ce type de péridotite. J'ai décrit déjà ceux qui se trouvent au pic Saint-Barthélemy (*B. C. G.* II, 16. 1890).

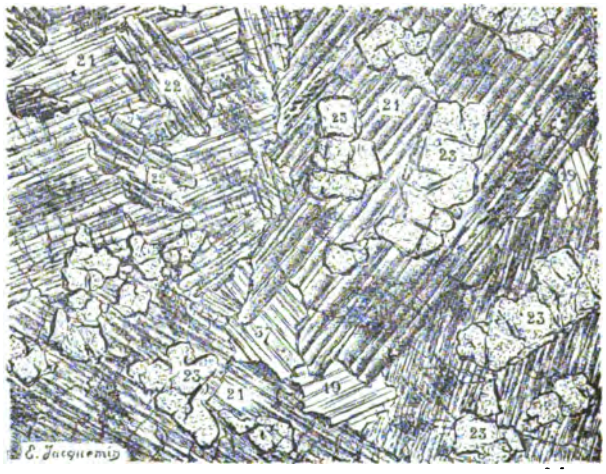


Fig. 15.
Lame mince de la péridotite à hornblende du pic St-Barthélemy.
19. Biotite. — 21. Amphibole. — 22. Hypersthène. — 23. Olivine.
37. Clinochlore.

J'en ai rencontré depuis de beaucoup plus importants au sud d'Ax, dans la haute vallée de l'Oriège entre ce ruisseau et son affluent le Gnoles (Mont-Bédeilla). La péridotite y constitue des accidents au milieu d'un massif de gabbro-diabase. Plusieurs affleurements se ren-

contrent également dans les schistes cristallins des environs immédiats d'Ax (Petches).

L'olivine y est beaucoup moins abondante que dans la lherzolite. La roche ressemble à une amphibolite à grands éléments ; sur les clivages de hornblende verte (ils atteignent parfois 4^{cm} de côté), on distingue de petits grains noirâtres d'olivine donnant à ces clivages l'aspect de la *bastite* du Harz ; cette structure est celle qui a reçu le nom de *lustre-mottling* des géologues anglais.

Au microscope, on constate que les grains arrondis et toujours intacts d'olivine, d'enstatite et de spinelle sont englobés par de grandes plages d'amphibole accompagnées d'un mica blond pâle et de clinochlore.

Cette roche comme aspect se rapproche beaucoup des péridotites à hornblende des bords de l'Hudson.

M. Termier m'a communiqué une roche analogue qu'il a rencontrée en amas dans le granite à l'ouest de Marlhes (Haute-Loire). Des roches similaires se rencontrent dans les gneiss de la même région. L'amphibole a sensiblement les mêmes dimensions que les autres éléments ; le spinelle y est plus abondant que dans les roches des Pyrénées.

b) *Nodules à olivine des roches basaltiques.*

On rencontre dans les tufs de projections basaltiques d'un grand nombre de régions des bombes ayant la composition minéralogique des lherzolites.

Ces bombes à olivine sont très fréquentes en France soit dans les tufs, soit dans les coulées basaltiques. Le péridot d'un beau jaune y est en général très apparent ; la roche est souvent friable et permet aisément d'en séparer les divers éléments (péridot, enstatite, diopside chromifère vert, spinelle noir).

Dans quelques gisements, le péridot est brun rouge ; il présente alors les phénomènes de rubéfaction sans hydratation étudiés plus haut ; c'est dans ce genre de roches qu'il est le plus facile de les observer. A Montaudou près Royat, on peut voir d'intéressantes transformations du péridot en carbonates rhomboédriques.

Les gisements qui se recommandent plus particulièrement à l'attention par l'abondance des bombes à olivine sont les suivants. On pourrait du reste en multiplier beaucoup le nombre.

Hérault. — Valmascle, Montferrier, Agde. (Altérations ferrugineuses).

Drôme. — Volcans de Chenavari, de Colombier, etc., près Montélimar (Faujas de Saint-Fons, *Recherches sur les volcans éteints du Vivarais*, etc., 1778, p. 248).

Plateau Central. — *Haute-Loire.* Volcan de Tareyre (dans ce gisement les nodules frais ou rubéfiés sont extrêmement abondants et atteignent parfois 0^m50 de diamètre), Taulhac, le volcan du Coupet, le volcan de Briancon, Mont-de-Bar près Allègre, Langeac, etc.

Cantal. Puy-Gros près le puy Violent, Saint-Bonnet près Salers, Laurie, Feyssergue, sur les limites du Cantal et de l'Aveyron (dans brèche du basalte des plateaux), plateau de Chalinargues au N.-O. de Neussargues, etc.

Puy-de-Dôme. Plateau des Rentières près Ardes (altérations ferrugineuses fréquentes), Montaudou près Royat, les grottes de Jonas près Besse, Puy de Boueix, etc.

Ardèche. Environs d'Entraygues, en face du château de la Bastide (altérations ferrugineuses); Escunet, etc.

Loire. Environs de Montbrison, etc.

Saône-et-Loire. Drevin près Couches.

Bouches-du-Rhône. Volcan de Beaulieu.

Dans quelques gisements particuliers, on trouve des nodules à olivine renfermant de l'amphibole, de la biotite (Montaudou).

Assez souvent ces nodules ont subi des phénomènes de fusion et de recristallisation intéressants produits surtout aux dépens de l'enstatite, du diopside, de la hornblende et du mica; aussi seront-ils étudiés aux articles respectifs de ces divers minéraux. L'olivine s'y charge alors d'inclusions vitreuses et parfois fond, puis recristallise avec des formes nettes se rapportant aux types représentés par les figures 12 et 13. Elle est alors riche en octaèdres de spinelle.

Notons en terminant que l'olivine se rencontre aussi, mais assez rarement dans les gisements français, comme élément accessoire des bombes à hornblende des basaltes.

c) *Gabbros et diabases*

Les gabbros à olivine sont peu abondants en France. Les gisements les plus nets sont ceux que j'ai signalés aux environs du Pallet dans la

Loire-Inférieure et dans la Haute-Ariège (M^nt^ Bedeilla). L'olivine s'y trouve en grains généralement arrondis et sans formes distinctes ; il est un des plus anciens minéraux cristallisés dans la roche. Au Pallet, les cristaux englobés dans les feldspaths sont entourés de la zone amphi-

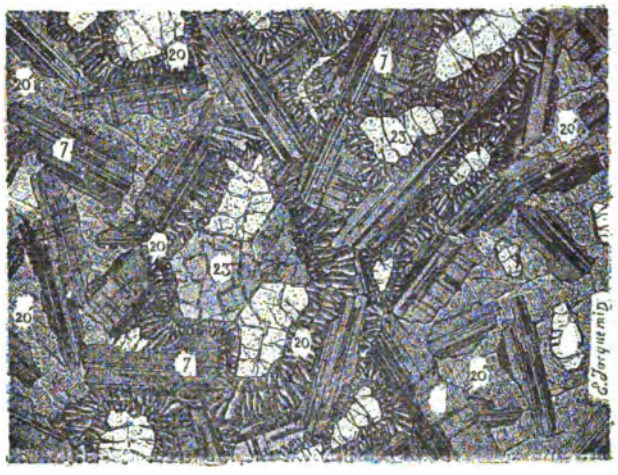


Fig. 15.

Olivine dans le gabbro du Pallet.
Les couronnes amphiboliques (20) s'observent au contact de l'olivine et du feldspath (labrador), celui-ci est moulé par le diallage (20) (structure ophitique). (Lame mince vue en lumière polarisée parallèle).

bolique décrite plus haut qui ne s'observe pas quand les cristaux sont enveloppés par la hornblende ou par le pyroxène. Parfois les grains de péridot sont maclés suivant *m* (110) (fig. 15).

Dans les diabases à olivine françaises, le péridot présente les mêmes caractères que dans les gabbros ; il ne se transforme pas en amphibole, mais présente les divers modes de décomposition serpentineuse.

d) *Météorites.*

Le péridot est un élément essentiel d'un grand nombre de météorites. Je passerai rapidement en revue les principales formes qu'il y présente.

De nombreuses classifications de météorites ont été proposées par G. Rose, MM. Daubrée, Tschermak, etc. M. Daubrée a pris pour point

de départ le rôle que joue dans les météorites le fer natif. Il a établi les groupes suivants :

Météorites
- Contenant du fer métallique
  - Ne contenant pas de pierres.... *Holosidères.*
  - Contenant à la fois du fer et des matières pierreuses
    - Le fer constituant un réseau où sont englobés les grains pierreux.. *Syssidères.*
    - Le fer constituant des grenailles disséminées au milieu d'une gangue pierreuse ... *Sporadosidères.*
      - Fer très abondant : *Polysidères.*
      - Fer peu abondant : *Oligosidères.*
      - Fer indiscernable à la vue : *Cryptosidères.*
- Ne contenant pas de fer métallique..... *Asidères.*

M. Stanislas Meunier a proposé (*Encyclopédie Chim.* T. II. 1884) un grand nombre de noms (tirés de localités) pour désigner les météorites appartenant à ces divers groupes et faisant partie de la collection du Museum. Les météorites *holosidères* des chutes françaises seront étudiées à l'article fer.

Quant aux météorites *syssidères* et *sporadosidères polysidères*, elles n'ont jamais été constatées en France et nous n'avons à nous occuper que des *sporadosidères*, *oligo* et *cryptosidères* et des *asidères*.

Fig. 16.
Olivine (O) à formes nettes ou en cristallites englobée par enstatite. (Lame mince de la météorite de Montrejeau (grossissement, 200 diam.).

La partie pierreuse du plus grand nombre des météorites de ces groupes est essentiellement constituée par un mélange d'enstatite et d'olivine avec souvent un peu de chromite. Ces météorites sont parfois finement grenues, mais le plus souvent, elles possèdent une sorte de structure oolithique due à l'existence de petits globules, désignés sous le nom de *chondres*, qui ont la même composition que le reste de la roche mais qui présentent une structure spéciale. Ces chondres sont parfois très petits et lâchement unis entre eux de telle sorte que la météorite s'écrase avec la plus grande facilité

(météorite d'Ornans); mais généralement, ils sont réunis entre eux par un mélange grenu d'enstatite et de péridot. Quelques météorites sont constituées par de véritables *brèches*, composées de fragments de composition variable.

L'examen microscopique montre que les *chondres* sont formés soit de grains, soit plus souvent de baguettes d'enstatite seule ou associée au péridot. Celui-ci présente parfois des formes nettes, mais le plus souvent constitue des assemblages cristalliques dont les fig. 16 à 18 donnent une idée. Ils rappellent beaucoup ceux que l'on observe dans la fayalite des scories ou dans les reproductions synthétiques de MM. Fouqué et Michel Lévy. Un grand nombre de petits cristaux élémentaires se groupent parallèlement pour former le squelette d'un grand cristal englobé par l'enstatite. Il arrive souvent, et particulièrement dans les chondres dans lesquels l'enstatite domine, que les baguettes divergent à partir d'un point (voir à enstatite).

Fig. 17.

Chondre d'olivine de la météorite de Montrejeau entouré par un mélange d'olivine (O) et d'enstatite (E). Dans le chondre, les baguettes d'olivine présentent un grand nombre d'orientations différentes. (Lame mince. Grossissement. 100 diam.)

Dans les météorites françaises, les chutes de Montrejeau, d'Agen, d'Aumale, d'Aigle, de Beuste, de Lancé, etc., donnent de bons exemples de chondres.

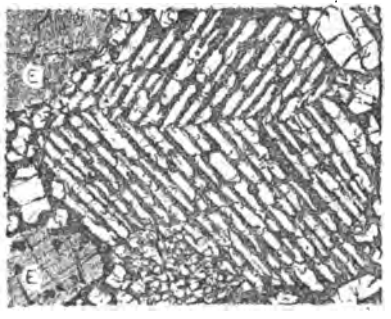


Fig. 18.

Chondre d'olivine de la même météorite dans lequel l'olivine constitue deux squelettes cristallins à orientations différentes. En haut, à gauche, chondre fibreux d'enstatite. (Lame mince. Grossissement. 100 diam.)

Quant au magma qui englobe les chondres, il présente généralement la structure grenue; les dimensions des éléments constitutifs sont très variables dans un même échantillon. La structure en mortier que l'on observe dans les roches ayant subi des actions dynamiques puissantes est fréquente, et certaines météorites sont formées par de véritables brèches de friction microscopiques.

Dans quelques cas, on observe en dehors des chondres des cristaux de péridot ou d'enstatite à formes nettes (Montrejeau). Le péridot des météorites est constitué par de l'olivine ou par des types plus ferrifères (hyalosidérite). Il forme en moyenne 50% des météorites du type commun. Cette proportion s'élève exceptionnellement à 75% (Ornans).

Quant à la partie métallique de la météorite (*fer nickelé, troïlite*), elle est postérieure aux éléments pierreux qu'elle moule.

En outre des minéraux qui viennent d'être énumérés, quelques météorites renferment un peu de feldspath, de pyroxène monoclinique, de la matière charbonneuse, etc. Les chutes de ce type commun sont assez fréquentes en France; à titre de document, je donne ci-jointe la liste extraite du mémoire de M. Stanislas Meunier auquel il a été fait allusion plus haut :

1492, 7 novembre....	Ensisheim [Alsace].
1753, septembre.....	Luponnas près Pont-de-Veyle (Ain).
1768, 13 septembre..	Lucé (Sarthe).
1790, 24 juillet.....	Barbotan (Gers).
1798, 8 ou 12 mars..	Salles près Villefranche (Rhône).
1803, 26 avril.....	Laigle (Orne).
1803, 8 octobre.....	Saurette près Apt (Vaucluse).
1806, 15 mars.....	Environs d'Alais (Gard).
1810, septembre.....	Chartres (Eure-et-Loir).
1810, 23 novembre...	Charsonville près Orléans (Loiret).
1812, 10 avril.....	Toulouse (Haute-Garonne).
1812, 5 août.....	Chantonnay (Vendée).
1814, 5 septembre...	Environs d'Agen (Lot-et-Garonne).
1822, 3 janvier.....	Angers (Maine-et-Loire).
1822, 13 septembre..	La Baffe près Epinal (Vosges).
1826 (?).....	Galapian près Agen (Lot-et-Garonne).
1831, 13 mai.....	Vouillé près Poitiers (Vienne).
1835, 31 janvier.....	Mascombes (Corrèze).
1838, 22 juillet.....	Montlivault (Loir-et-Cher).
1841, 12 juin.....	Château-Renard en Triguères (Loiret).
1842, 4 juin.....	Aumières (Lozère).
1844, 21 octobre	Favars près Layssac (Aveyron).
1845, 25 janvier.....	Louans (Indre-et-Loir).
1851.....	Quinçay (Vienne).
1857, 4 octobre.....	Les Ormes (Yonne).
1858, 9 décembre ...	Montrejeau (Haute-Garonne).
1859.....	Beuste (Basses-Pyrénées).
1865, 25 août	Aumale (Algérie).
1866, 30 mai.....	Saint-Mesmin (Aube).

1867, 9 juin.....	Tadjera près Sétif (Algérie).
1868, 11 juillet.....	Ornans (Doubs).
1868, 8 septembre...	Sanguis, Saint-Etienne (Basses-Pyrénées).
1869, 22 mai.....	Kernouve en Cléguérec (Morbihan).
1872, 23 juillet.....	Authon, Lancé (Loir-et-Cher).
1874, 26 novembre...	Kerilis, Mael Pestivien (Côtes-du-Nord).
1876, 16 août.....	Feid Chair, La Calle (Algérie).
1879, 31 janvier	La Bécasse, Dun-le-Poëlier (Indre).
1883, 28 janvier	Saint-Caprais de Quinsac (Gironde).

Un type plus rare est celui qui a été désigné par G. Rose sous le nom de *Howardite* et qui est représenté en France par la chute du Teilleul (Manche) (14 juillet 1845). Dans cette roche, le péridot est peu abondant, la plus grande partie de la météorite est formée d'anorthite, d'enstatite et de pyroxène monoclinique. La structure est celle d'une brèche de friction. Tous les éléments brisés sont cimentés par leurs débris ; on y rencontre en outre de la chromite, du fer nickelé et de la troïlite.

Dans le groupe des *asidères*, il y a lieu de distinguer, pour les types péridotiques, la météorite de Chassigny (Haute-Marne) (3 octobre 1815), presque entièrement constituée, d'après M. Damour, par de la hyalosidérite et de la chromite. C'est une roche d'un gris jaune.

Dans les météorites charbonneuses d'Alais, Saint-Etienne de Lolin (Gard), et Orgueil (Tarn-et-Garonne, 14 mai 1864), la forte quantité de magnésie, décelée par les analyses, provient sans doute de péridot décomposé.

Quant aux météorites asidères de Juvinas (Ardèche) (15 juin 1821) et de Jonzac (13 juin 1819) appartenant au type *eukrite* de G. Rose, elles sont essentiellement constituées par de l'anorthite et du pyroxène monoclinique. Elles possèdent la structure ophitique et seront étudiées à l'article feldspath.

On sait que les météorites pierreuses sont entourées par une croûte noire, qui est terne dans les météorites péridotiques et vernissée dans les météorites feldspathiques.

e) *Calcaires cristallins (cipolins des gneiss).*

Pyrénées. — *Ariège.* Les cipolins d'Arignac et de Mercus dont il a été question au sujet des humites (page 123), renferment en abondance de l'olivine jaune paille dont l'analyse a été donnée plus haut. J'ai

recueilli en 1891 à Arignac un bloc de calcaire renfermant des cristaux arrondis de ce péridot atteignant 3^{cm} de diamètre. C'est l'un d'eux qui a été analysé après purification.

L'olivine dans ces calcaires accompagne la clinohumite et peut-être la humite rhombique dont elle ne se distingue pas en lames minces. Les produits d'altération serpentineux sont les mêmes pour les deux minéraux.

Vosges. — Il est fort possible que le minéral non maclé qui accompagne la chondrodite dans les cipolins du Chipal et de Sainte-Marie-aux-Mines, soit aussi en partie constitué par de l'olivine. Il ne m'a pas été possible de le vérifier par une analyse chimique et je me contente d'appeler sur ce point l'attention des minéralogistes qui auront l'occasion d'étudier ces gisements.

Gisements douteux.

Je terminerai en citant trois indications de gisements de péridot qui me paraissent improbables.

Dufrénoy a signalé (*Minéralogie*, III. 555 ,1847) l'existence de la villarsite (voir page 175) dans les granites du Forez ; il en a même donné l'analyse suivante :

SiO^2	40,52
MgO.....	43,75
FeO.....	6,25
CaO.....	1,70
K^2O	0,72
H^2O	6,21
	99,15

Il y a eu certainement une méprise dans le choix de l'échantillon analysé : le minéral décrit par Dufrénoy est en effet abondant dans les roches granitiques du Forez ; les grains d'un beau jaune citron qui le constituent ne sont autre chose que du feldspath en voie de transformation en damourite. Tous les prétendus granites à villarsite de cette région m'ont conduit au même résultat. Il en est de même de ceux du Morvan cités par Dufrénoy.

D'après Bouillet (*Top. minér.*), Mossier père aurait trouvé le péridot avec cymophane (?) dans le granite au nord de Chanat. M. Gonnard (*op. cit.* 36) signale cette indication comme probablement inexacte.

Héricart de Thury (*J. M.* XX. 61. 1806) indique l'existence de péridot en grains verdâtres sans formes distinctes associé à l'érythrine, l'argyrose, l'argent natif, etc. à Chalanches en Allemont (Isère).

FAYALITE

$Fe^2\ Si\ O^4$

Formes observées. h^1 (100), g^1 (010), g^3 (120); p (001), a^1 (101); e^1 (011), $e^{1/2}$ (021); $b^{1/2}$ (111).

Macles. Macles suivant m (110), semblables à celle de l'olivine, observées dans la fayalite des scories.

Les cristaux que j'ai eu l'occasion d'examiner ne dépassent pas $0^{mm}4$; ils sont recouverts d'un enduit ferrugineux qui ne permet aucune mesure d'angles par réflexion; en général, seuls les angles de la zone verticale peuvent être mesurés au microscope.

Faciès des cristaux. Les cristaux de fayalite que j'ai étudiés sont aplatis suivant p (001). Ils se rapportent à deux types, suivant que dans la zone verticale, h^1 (100) et g^1 (010) dominent et que g^3 est moins developpée (fig. 2), ou qu'au contraire cette dernière forme est très développée et h^1 (100) réduite (fig. 3). Les cristaux sont très petits, les dômes sont réduits à de fines facettes et manquent le plus souvent.

Les cristaux de fayalite qui sont fréquents dans les scories des usines métallurgiques ont la forme des cristaux d'olivine.

Clivages. Clivage net suivant g^1 (010), moins facile suivant p (001); traces de clivage suivant h^1 (100), jalonné par des inclusions ferrugineuses. Dans les cristaux des scories, c'est le clivage p (001) qui est le plus facile.

Dureté. 6 à 7.

Densité. La densité n'a pu être fixée à cause de la rareté et de la petitesse des cristaux; elle est probablement voisine de 4.

Coloration. Les cristaux sont d'un jaune verdâtre très pâle; ils sont souvent riches en pigment ferrugineux formant dans les cristaux une sorte de voile rougeâtre. Quand ce pigment est très abondant le minéral est rougeâtre ou noir.

Les cristaux des scories sont très riches en verre et en inclusions fer-

rugineuses qui leur donnent un éclat métallique. Ils sont aussi souvent brillamment irisés.

Eclat vitreux, un peu gras sur le clivage facile (cristaux artificiels). Les très petits cristaux sont souvent transparents ou translucides. Le minéral est toujours transparent en lames minces.

Inclusions. Les cristaux naturels renferment les inclusions ferrugineuses citées plus haut. Les cristaux artificiels ont souvent une structure intérieure cristallitique; ils sont riches en inclusion de matière vitreuse.

Propriétés optiques Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë négative perpendiculaire à g^1 (010). Les propriétés optiques de la fayalite ne diffèrent donc de celles de l'olivine que par le signe de la bissectrice, l'écartement plus faibie des axes optiques et la biréfringence plus grande.

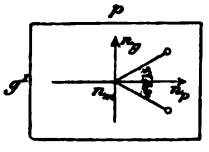


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100).

$2\,V = 55°$ environ.

$n_g - n_p = 0{,}043$ environ (scories). (M L.)

Pléochroïsme. Le pléochroïsme très faible observé sur quelques cristaux du Mont-Dore semble tenir à l'existence des inclusions ferrugineuses.

Composition chimique. La fayalite de l'unique gisement français n'a pu être analysée. Quant à celle des scories, elle se rapproche de la composition théorique, une petite quantité de protoxyde de fer étant cependant en général remplacée par un peu de protoxyde de manganèse et plus rarement par un peu de magnésie.

Essais pyrognostiques. Facilement fusible en un émail noir magnétique; facilement soluble dans les acides en faisant gelée.

Diagnostic. (Voir à olivine.) La fayalite se distingue de l'olivine par le signe de sa bissectrice, par sa fusibilité et dans les cristaux du Mont-Dore, par l'aplatissement suivant *p* (001).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Plateau central. — *Puy-de-Dôme.* J'ai signalé (*B. S. M.* XIV. 13. 1891) l'existence de la fayalite dans un fragment d'andésite enclavé

dans le trachyte du rocher du Capucin, au Mont-Dore. L'unique échantillon que j'ai étudié est creusé d'une cavité mesurant 4^{cm} sur 2^{cm}; celle-ci est tapissée d'octaèdres de magnétite, de lamelles de biotite et de petits cristaux d'hypersthène et de fayalite.

Ces derniers ne dépassent pas $0^{mm}4$; ils sont jaune vif par transparence, mais généralement rouges et opaques, grâce à la couche d'oxyde de fer qui les recouvre.

Les formes dominantes sont p (001) suivant lesquelles les cristaux sont aplatis, g^1 (010), g^3 (120), h^1 (100). Il existe aussi de petites facettes qui n'ont pu être déterminées avec précision, mais qui semblent être a^1 (101), $e^{1/2}$ (021), $b^{1/2}$ (111). Les fig. 2 et 3 représentent les deux

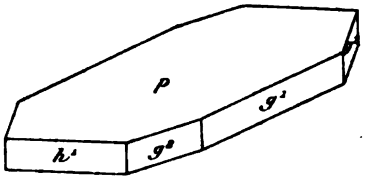


Fig. 2.

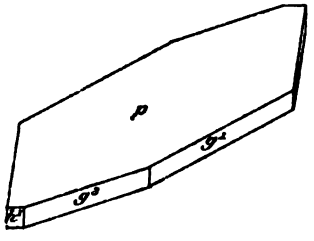


Fig. 3.

Fayalite du Capucin (Mont-Dore).

types qu'offrent ces cristaux suivant le développement plus ou moins grand des faces h^1 (100) et g^3 (120).

Ces cristaux présentent une certaine analogie de forme et sans doute aussi de mode de formation avec ceux qui ont été décrits par M. Iddings dans les rhyolites du Yellowstone Park et des îles Lipari.

Scories métallurgiques.

La fayalite est le silicate qui se forme le plus abondamment dans les scories et laitiers d'un très grand nombre d'opérations métallurgiques; aussi la rencontre-t-on dans les déblais de toutes les usines où l'on traite les métaux. La forme dominante des cristaux est généralement g^1 (010), g^3 (120), e^1 (011), bien que d'assez nombreuses faces aient été signalées dans quelques cas particuliers.

Très fréquemment, les fayalites artificielles forment d'énormes cristaux commençant par un squelette se remplissant peu à peu ou même restant à l'état cristallitique. Il en résulte des formes en trémies très curieuses à étudier au point de vue de la cristallogénie du péridot.

L'examen de lames minces taillées dans ces scories péridotiques montre également des formes cristallitiques soulignées par un résidu vitreux généralement assez abondant.

On y retrouve toutes les formes affectées par l'olivine dans les roches, depuis les cristaux complets jusqu'aux formes naissantes par lesquelles commence la cristallisation.

Il est à noter que ces fayalites sont en général tout à fait incolores en lames minces.

Les usines du Creusot et les forges de Gueugnon (Saône-et-Loire) m'ont fourni des cristaux de fayalite particulièrement beaux.

TITANOLIVINE

$(Mg\,Fe)^2\,(Si\,Ti)\,O^4$

Ce minéral a été décrit par M. Damour (*A. M.* VIII. 90. 1885). Il semble résulter de mesures faites par M. des Cloizeaux sur des fragments de cristaux, que ce minéral soit isomorphe de l'olivine. L'examen des propriétés optiques m'a conduit à faire quelques réserves à cet égard (*B. S. M.* XIII. 15. 1890).

Formes observées. M. des Cloizeaux a trouvé les formes p (001), h^1 (100); $a^{2/3}$ (302); e^1 (011), $e^{1/12}$ (0.12.1); ($b^{1/3}\,b^{1/12}\,h^{1/5}$) (15.9.10) et ($b^1\,b^{1/12}\,g^1$) (11.13.2).

Macles. Il existe des macles polysynthétiques qui seront étudiées aux propriétés optiques.

Clivages. Il n'y a pas de clivages. La cassure est inégale.

Dureté. 6.

Densité. 3,25 à 3,27 (Damour).

Coloration. Brun rouge à rouge grenat foncé. Eclat vitreux, un peu résineux. Poussière jaune orangé.

Propriétés optiques. En l'absence de formes cristallines dans les échantillons que j'ai étudiés (*B. S. M.* XIII. 15. 1890), j'ai dû me contenter de chercher à obtenir par tâtonnement des plaques perpendiculaires aux trois axes de l'ellipsoïde. Les échantillons que j'ai examinés m'ont été donnés par MM. Damour et Rouast; ils proviennent de Zermatt [Valais] et de Pfunders [Tyrol].

Les indices mesurés par le procédé de la réflexion totale m'ont donné les résultats suivants pour le jaune :

$$\mathbf{n}_g = 1{,}702$$
$$\mathbf{n}_m = 1{,}678$$
$$\mathbf{n}_p = 1{,}669$$

D'où :

$$2\,\mathbf{V} = 62^\circ\,56'$$
$$\mathbf{n}_g - \mathbf{n}_p = 0{,}038$$

Une mesure directe de l'écartement des axes m'a donné :

$$2\,\mathbf{E} = 119^\circ\,30',\ \text{d'où}\ 2\,\mathbf{V} = 61^\circ\,58'$$

Il existe une dispersion des axes très nette avec $\rho < \nu$.

Dans les macles, on peut constater que les sections perpendiculaires à la bissectrice aiguë positive possèdent une extinction symétrique par rapport à la trace de la macle. L'indice moyen fait avec celle-ci un angle d'environ 20°. Quand la section du cristal coupe un des individus perpendiculairement à la bissectrice obtuse n_p, le second est oblique sur le plan des axes optiques. L'extinction est simultanée dans les deux plages qui ne se distinguent que par les teintes de polychroïsme et leur biréfringence différentes.

En l'absence de formes extérieures, il n'est pas possible de dire si le minéral est monoclinique comme la clinohumite ou orthorhombique comme le péridot. Dans cette dernière hypothèse, la macle a lieu suivant un prisme voisin de $g^{5/3}$ (410).

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est très intense et analogue à celui des minéraux colorés du groupe des humites. On observe :

$$\left.\begin{matrix}\mathbf{n}_g \\ \mathbf{n}_m\end{matrix}\right\} = \text{jaune clair}$$
$$\mathbf{n}_p = \text{jaune rouge orangé}$$

Composition chimique. M. Damour a donné les trois analyses suivants du titanolivine *a*) et *b*) de Pfunders (Tyrol) *c*) de Zermatt (Valais) :

SiO^2.....	39,30	36,87	36,14
TiO^2.....	5,30	3,51	6,10
MgO	49,65	50,14	48,31
FeO	6,00	6,21	6,89
MnO..... .	0,60	0,60	0,19
Perte au feu.....	1,75	1,71	2,23
	99,60	99,04	99,86

La nature des substances chassées par la chaleur (eau ou fluor) n'a pas été déterminée.

Essais pyrognostiques. Comme l'olivine.

Altérations. Le titanolivine se transforme en chrysotile à la façon de l'olivine.

Diagnostic. La couleur du titanolivine l'a fait longtemps considérer comme du grenat almandin. En lames minces, il pourrait être confondu avec la chondrodite, grâce à sa couleur, son polychroïsme, sa biréfringence, le signe positif de sa bissectrice.

Dans les sections perpendiculaires à la bissectrice positive des cristaux maclés, il se distingue de la chondrodite grâce à la position du plan des axes optiques. En effet, dans la chondrodite (fig. 1) c'est la trace du plan des axes (n_p) qui fait avec la ligne de macle un angle de 30°, tandis que dans le titanolivine (fig. 2), c'est l'indice moyen (n_m) qui fait un angle de 20° avec cette même direction. Toutes les autres propriétés optiques sont les mêmes dans les deux minéraux.

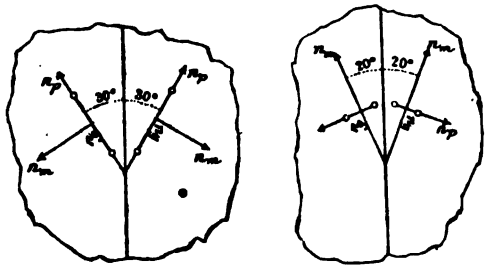


Fig. 1. Fig. 2.

Orientation des axes de l'ellipsoïde optique dans les sections g^1 (010) de la chondrodite (fig. 1) et du titanolivine (fig. 2).

Le titanolivine possède en lames minces la même couleur que la staurotide. Cependant le maximum de polychroïsme ne se produit pas dans le même sens (suivant n_p dans le titanolivine, suivant n_g dans la staurotide) ; la biréfringence, les macles, l'absence de formes géométriques permettent du reste facilement la distinction de ces deux minéraux

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

[**Alpes suisses**]. — Le titanolivine est associé au péridot incolore dans un schiste pyroxénique et amphibolique de Zermatt [Valais]. On l'a trouvé dans les mêmes conditions à Pfunders [Tyrol].

PHÉNACITE

$Gl^2 Si O^4$

Rhomboédrique tétartoédrique : $pp = 116° 36'$
$[a : c = 1 : 0{,}661065]$

Formes observées. e^2 $(10\bar{1}0)$, d^1 $(11\bar{2}0)$, $k = (b^{1/3}\, d^1\, d^{1/2})$ $(41\bar{5}0)$; p $(10\bar{1}1)$, e^1 $(02\bar{2}1)$, $e^{1/2}$ $(01\bar{1}1)$, b^1 $(01\bar{1}2)$; d^3 $(31\bar{4}2)$, d^2 $(21\bar{3}4)$, $d^{3/2}$ $(32\bar{5}1)$, b^3 $(21\bar{3}4)$, b^2 $(11\bar{2}3)$, $e_2 = (d^{1/2}\, d^1\, b^1)$ $(12\bar{3}2)$; $e_{1/2} = (d^1\, d^{1/2}\, b^{1/2})$ $(13\bar{4}1)$.

Macles. Les cristaux de Framont présentent fréquemment des macles par pénétration suivant e^2 (voir fig. 4 à 8).

Les angles mesurés donnés plus bas ont été pris par M. des Cloizeaux (Dx.) et par moi-même (Lx.) sur des cristaux de Framont. Ceux marqués d'un M ont été observés par M. Marignac sur les cristaux du Dauphiné.

	Angles calculés	Angles mesurés
$e^2 e^2$	120°	
$e^2 d^1$	150°	
$d^1 d^1$	120°	
$d^1 k$	160°54′	160°58′ (Lx.) ; 161° (Dx.)
$k e^2$	169°6′	169°3′ (Lx.) ; 169° (Dx.)
$e^2 p$	127°21′	127°24′ (M)
$p b^1$ (sur a^1)	121°46′	121°40′ (Lx.)
$b^1 e^2$	110°53′	
$b^1 e^2$	110°53′	110°50′ (M)
$e^{1/2} e^2$	127°21′	
$e^1 e^2$	146°46′	146°40′ (Lx.)
$d^1 d^{3/2}$	162°2′	162° (Dx.)
$d^1 d^2$	151°39′	151°32′ (Lx.) ; 151°30′ (Dx.)
$d^1 d^3$	141°0′	141°0′ (Lx.)
$d^1 p$	121°42′	121°37′ (Lx.) ; 121°35′ (Dx.)
$d^{3/2} d^2$	169°37′	169°0′ (Dx.)
$d^2 d^3$	169°21′	169° (Dx.)
$d^1 b^2$ (sur p)	101°38′	101°40′ (Lx.)
$d^1 b^2$ (sur b^1)	78°22′	78°30′ (Dx.)
$d^1 b^1$ (sur p)	90°	
$p b^2$	159°56′	160° (Lx.)
$p b^1$ (sur b^2)	148°18′	148°20′ (M) ; 148°15′ (Lx.)
$p p$	116°36′	116°30′ (M)
$b^2 b^2$ (sur b^1)	156°44′	156°40′ (Lx.)
$b^2 b^1$	168°22′	168°31′ (Lx.) ; 169° (M)
$p d^3$	160°42′	161°20′ (Dx.)
$p d^2$	150°3′	
$p d^{3/2}$	139°40′	139°25′ (Dx.)
$d^2 d^2$ (sur b^1)	56°42′	
$d^2 b^1$ (sur p)	118°21′	118°4′ (M)
$b^1 b^1$	144°2′	144° (M)
$d^1 e_2$ opp.	76°33′	76°30′ (Lx.)
$e_2 e_2$ (s. $e^{1/2}$)	153°6′	
$d^1 b^2$ (s. $e^{1/2}$)	101°38′	101°40′ (Dx.)
$e^{1/2} b^2$ adj.	159°56′	
$e^{1/2} e^{1/2}$ somm.	116°36′	
$b^2 b^2$ (sr p)	156°44′	
$e^2 e_2$ (adj.)	132°16′30″	132° (Lx.)
$b^2 e_2$ (adj.)	157°43′	157°45′ (Dx.)
$e^2 b^2$	110°27′	110°40′ (Lx.)
$d^1 e_{1/2}$	154°33′	154°17′ (Lx.)
$d^1 e^1$	136°24′	136°45′ (Lx.)
$d^1 e_2$ (s. e^1)	117°43′	117°38′ (Lx.)
$p e_{1/2}$	131°50′	
$p e^2$ (lat.)	107°40′	

Faciès des cristaux. Les cristaux de phénacite des gisements français sont plus ou moins allongés suivant l'axe vertical. Les cristaux lenticulaires sont fort rares. Dans les macles, les faces du sommet sont généralement arrondies et comme corrodées alors que les faces prismatiques sont très nettes.

Clivages. Clivages très difficiles suivant d^1 $(11\bar{2}0)$ et p $(10\bar{1}1)$. Cassure conchoïdale ou inégale.

Dureté. 7 à 8.

Densité. 2,966 à 3,001. 2,966 (Framont, *Damour*).

Coloration. Incolore, quelquefois jaunâtre par suite d'infiltrations de produits ferrugineux dans les cassures. Eclat vitreux.

Propriétés optiques. Uniaxe *positif.*

M. des Cloizeaux a trouvé (*op. cit.* II. p. IX) pour la phénacite de Framont :

		Li	Na
n_g^{ε}	=	1,6673	1,6697
n_p^{ω}	=	1,6508	1,6540

d'où, pour la biréfringence maximum (Na) :

$$n_g - n_p = 0{,}0157$$

Pléochroïsme. D'après M. des Cloizeaux, la variété jaune possède en lames épaisses un pléochroïsme net avec teinte jaune suivant n_g^{ε} ; suivant n_p^{ω}, le minéral est incolore.

Propriétés électriques. Hankel a décrit les cristaux de phénacite comme étant pyroélectriques. MM. Friedel et de Gramont n'ont obtenu à cet égard que des résultats négatifs (*B. S. M.* VIII. 78. 1885) et en ont conclu que l'hémiédrie de cette substance était douteuse. Antérieurement, G. Rose et Riess (*P. A.* LIX. 398. 1843) étaient arrivés au même résultat sur les macles hémimorphes de Framont.

Composition chimique. L'analyse suivante de la phénacite de Framont est due à Bischof (*P. A.* XXXIV. 525. 1835) :

SiO^2.....	54,40
GlO.....	45,57
MgO+Cao.	0,09
	100,06

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau. Inattaquable aux acides.

Diagnostic. La forme des cristaux et les macles de la phénacite sont très caractéristiques. En l'absence de pointement, ce minéral peut être confondu avec le quartz. Sa dureté plus grande permet de l'en distinguer. En lames minces, la biréfringence de la phénacite est un peu plus forte que celle du quartz.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La phénacite est un minéral des granulites et des roches cristallines.

Bretagne. J'ai pu étudier, grâce à l'inépuisable obligeance de M. de Limur, les échantillons de la Villeder que ce savant a décrits (*op. cit.*) comme phénacite, après y avoir constaté l'existence de la glucine. Le minéral en question est la bertrandite décrite page 118.

Alpes. — *Isère*. M. Marignac a décrit autrefois (*Arch. Sc. phys. et nat.* Genève 1847, n° 27), sous le nom de tourmaline blanche, un cristal accompagné de quartz et d'anatase indiqué comme provenant probablement du Dauphiné. Miller, puis M. des Cloizeaux ont montré que ce minéral devait être de la phénacite.

Ces cristaux sont très analogues à ceux de Reckingen (Valais) décrits par M. Seligmann et présentent les formes e^2 $(10\bar{1}0)$, d^1 $(11\bar{2}0)$, p $(10\bar{1}1)$, b^1 $(01\bar{1}2)$, b^2 $(11\bar{2}3)$, d^2 $(21\bar{3}1)$. Les angles donnés plus haut concordent parfaitement avec ceux de la phénacite.

Un examen optique seul pouvait trancher définitivement la question ; il n'avait pu être fait encore, le cristal mesuré ayant été perdu et le seul cristal subsistant sur sa gangue ne pouvant être détaché.

M. Duparc, professeur à l'Université de Genève, a bien voulu me communiquer ce précieux cristal ; j'ai pu en étudier une petite esquille d'environ $^1/_{10}$ de millimètre qui m'a permis de constater que le minéral était à un axe *positif*, ce qui clôt le débat en faveur de la phénacite.

Peut-être est-ce au même minéral qu'il faut rapporter les cristaux accompagnant l'anatase du Dauphiné et décrits comme tourmaline blanche par Lévy (*op. cit.* II. p. 155).

Vosges. — [*Alsace*]. C'est en 1834, au cours d'une excursion de la réunion extraordinaire de la *Société géologique de France* que la phénacite fut découverte par Beyrich à Framont, dans la vallée supérieure de la Breusch (*P. A.* XXXIV. 519. 1835 et XL. 323. 1837).

D'après le Dr Carrière (*Ann. soc. d'émulat. des Vosges*), ce minéral ne se rencontrait déjà plus à Framont en 1861. On ne l'a trouvé que dans un point très circonscrit et à la partie supérieure de la Mine jaune.

Sa gangue est un quartz caverneux pénétré de limonite, résultant de la décomposition de pyrite. Il est accompagné de petits cristaux de quartz jaunâtre et de topaze dont on ne connaît du reste que le seul échantillon découvert par M. E. Bertrand et étudié page 64.

Les cristaux de phénacite de Framont sont généralement très fendillés et, dans ce cas, très difficiles à isoler de leur gangue.

Le traitement par un acide de la limonite renfermant des cristaux, en apparence complets, ne donne souvent que des fragments brisés de phénacite.

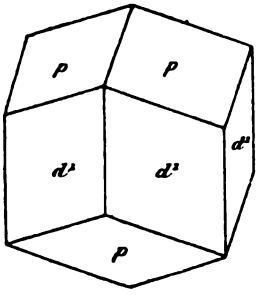


Fig. 1.

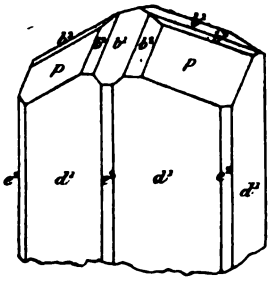


Fig. 2.

Phénacite de Framont.

Les cristaux non maclés sont rares. Je dois à la bienveillance de M. Damour un échantillon de limonite dont j'ai extrait les cristaux représentés par les fig. 1 à 3. Les deux premiers sont allongés suivant l'axe vertical ; dans le troisième, le rhomboèdre primitif n'est accompagné que par des traces de e^2 $(10\bar{1}0)$. La forme lenticulaire de ce cristal semble être extrêmement rare à Framont. Les arêtes culminantes du rhomboèdre sont légèrement arrondies. M. Desharnoux m'a donné un petit cristal du type de la figure 2 dans lequel b^4 $(01\bar{1}2)$ est aussi développé que p $(10\bar{1}1)$.

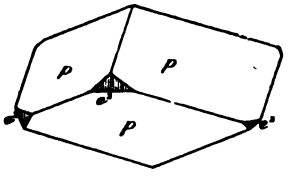


Fig. 3.
Phénacite de Framont.

Le cachet caractéristique de la phénacite de Framont réside dans les macles par pénétration décrites pour la première fois par Beyrich (*op. cit.*) auquel j'ai emprunté les fig. 4, 5 et 6.

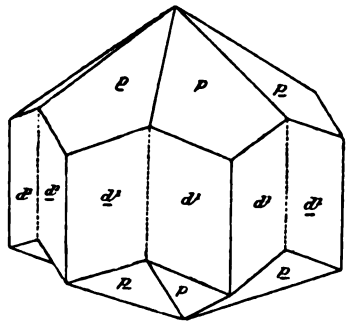


Fig. 4.
Macles à extrémités dissymétriques de la phénacite de Framont.

Parfois les cristaux ne présentent d'angles rentrants qu'à une extrémité (fig. 4) ; dans d'autres cas, au contraire, les deux extrémités de la macle sont symétriques par rapport à un plan horizontal (fig. 5 et 6). Il arrive souvent que dans les cristaux du type de la fig. 6, les angles rentrants de p $(10\bar{1}1)$ deviennent très peu développés ou même disparaissent complètement : la macle ne se reconnaît plus alors qu'aux stries des faces b^2 $(11\bar{2}3)$.

La macle représentée par la fig. 4 est hémimorphe ; cet hémimorphisme est plus net encore dans les cristaux plus compliqués.

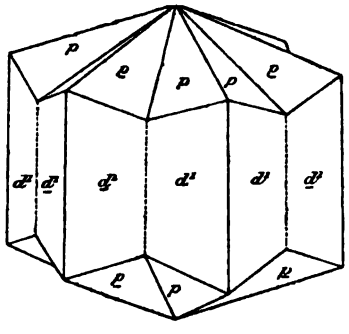


Fig. 5.

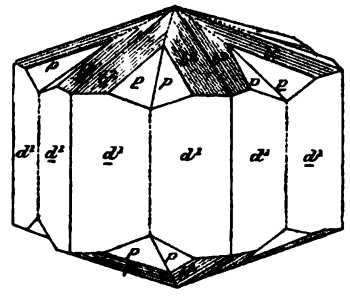


Fig. 6.

Phénacite de Framont, macles avec extrémités symétriques.

M. Damour m'a donné de très jolis cristaux isolés terminés par leurs deux extrémités montrant cet hémimorphisme de la façon la plus évidente. La fig. 7 représente l'un d'eux, parfaitement transparent, ayant environ 2 mm de longueur.

Dans la zone verticale, d^1 $(11\bar{2}0)$ domine ; il est accompagné de e^2 $(10\bar{1}0)$ dont une seule face est bordée par deux fines facettes k $(41\bar{5}0)$.

L'une des extrémités brisée montre deux faces p $(10\bar{1}1)$ bordées par d^2 $(21\bar{3}1)$ et par b^2 $(11\bar{2}3)$; il existe en outre des traces de b^4 $(01\bar{1}2)$. Le scalénoèdre d^2 est holoèdre, mais ses faces sont très inégalement développées.

L'autre extrémité présente la forme des sommets de la fig. 6, mais chaque angle porte au dessus de e^2 une large face e^1 $(02\bar{2}1)$ généralement creuse. Il existe aussi de fines faces b^1 qui n'ont pas été dessinées pour ne pas compliquer la figure.

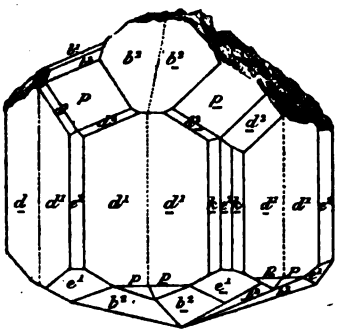


Fig. 7.

Phénacite de Framont, macles à extrémités dissymétriques.

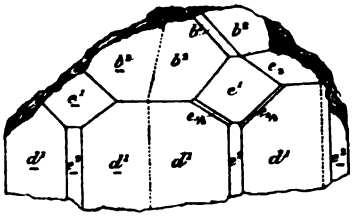


Fig. 8.

Phénacite de Framont, macles sans angles rentrants.

J'ai observé sur un cristal brisé de la collection de M. Damour les

faces $e_{1/2}$ $(13\bar{4}1)$, e^1 $(02\bar{2}1)$ et e_2 $(12\bar{3}2)$. Il n'existe qu'une seule face e_2 assez large tandis que $e_{1/2}$ est holoèdre constituant de très fines bordures sur les arêtes $e^1\,d^1$. La fig. 8 représente ce cristal qui offre un exemple de la macle sans angle rentrant.

Beyrich avait décrit déjà des cristaux analogues dans lesquels, en outre des formes représentées par les fig. 4 à 6, il a signalé les faces 1/2 k $(41\bar{5}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$, d^2 $(21\bar{3}1)$, e_2 $(12\bar{3}2)$, d^3 $(31\bar{4}2)$, $e_{1/2}$ $(13\bar{4}1)$; les faces $e^{1/2}$ $(01\bar{1}1)$ et b^3 $(21\bar{3}4)$ ont été indiquées pour la première fois par G. Rose.

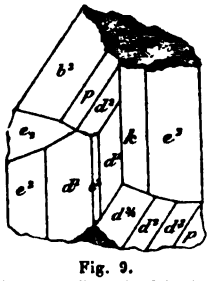


Fig. 9.
Fragment d'un cristal de phénacite de Framont.

Enfin M. des Cloizeaux a décrit (*B. S. M.* IX. 174. 1886) un fragment de cristal hémimorphe présentant la forme nouvelle $d^{3/2}$ $(32\bar{5}1)$ avec en outre d^2 $(21\bar{3}1)$, d^3 $(31\bar{4}2)$, p $(10\bar{1}1)$ à une extrémité et d^2, p, b^2 $(11\bar{1}3)$ à l'autre : les faces de la zone verticale sont d^1 $(11\bar{2}0)$, e^2 $(10\bar{1}0)$ et k $(41\bar{5}0)$.

La figure 9 que je dois à l'obligeance de mon savant maître montre le développement pris par ces diverses faces.

GROUPE DES GRENATS

Les minéraux constituant ce groupe ont pour principal caractère commun leurs formes cristallines extérieures dérivant du système cubique. Ils se présentent sous la forme de rhombododécaèdres b^1 (110), de trapézoèdres a^2 (211) seuls (fig. 1 et 2) ou associés (fig. 3 et 4).

Leur composition chimique peut être représentée par la formule :

$$\mathbf{R^3\,R_1^2\,Si^3\,O^{12}}$$

dans laquelle :

$$R = Ca,\ Mg,\ Fe \text{ ou } Mn \text{ et } R_1 = Al,\ Fe \text{ ou } Cr.$$

1. Afin d'éviter les répétitions dans la description des grenats des divers gisements, les faces seront énumérées suivant l'importance de leur développement : la combinaison $b^1\,a^2$ se rapporte à la figure 3 et $a^2\,b^1$ à la figure 4.

On y distingue généralement les six types théoriques suivants entre lesquels il existe du reste de très nombreux passages :

Grossulaire ..	$Ca^3 Al^2 Si^3 O^{12}$
Ouwarowite ..	$Ca^3 Ca^2 Si^3 O^{12}$
Mélanite	$Ca^3 Fe^2 Si^3 O^{12}$
Pyrope	$Mg^3 Al^2 Si^3 O^{12}$
Almandin ...	$Fe^3 Al^2 Si^3 O^{12}$
Spessartine ..	$Mn^3 Al^2 Si^3 O^{12}$

On divise souvent les grenats d'après la nature du sesquioxyde qui entre dans leur composition en grenats alumineux, ferrifères ou chromifères. J'ai préféré les grouper de façon à réunir les grenats calciques qui possèdent en effet des propriétés spéciales.

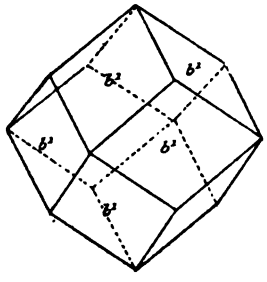


Fig. 1.

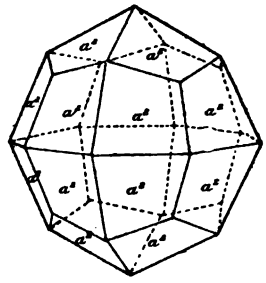


Fig. 2.

La symétrie extérieure des grenats masque les différences profondes qui existent entre quelques-uns d'entre eux. Depuis longtemps, plusieurs savants et en particulier M. des Cloizeaux avaient observé que certains grenats n'étaient pas tous monoréfringents. En 1876, M. Mallard, dans son classique mémoire sur les phénomènes optiques anormaux, (*A. M.* X. 1876) a décrit les propriétés biréfringentes de plusieurs types de grenats et a montré comment on pouvait rationnellement les interpréter en les considérant comme des minéraux de symétrie rhombique ou de symétrie inférieure dont les groupements figurent un cristal géométriquement cubique. Depuis lors, de nombreux

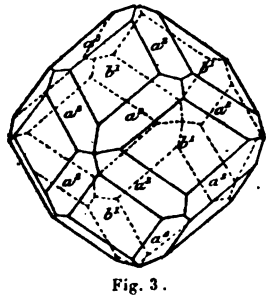


Fig. 3.

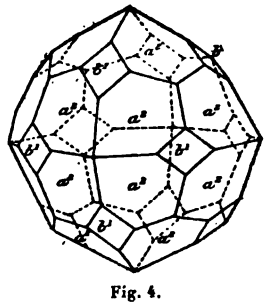


Fig. 4.

travaux ont été publiés sur le sujet, notamment par MM. Klein (*N. J.* I. 87. 1883) et Brauns (*Jablonowskisch. Gesell.* Leipzig, 1891) qui considèrent les grenats comme étant réellement cubiques. Les propriétés optiques seraient dues, d'après eux, soit à des tensions mécaniques, soit à des mélanges isomorphes.

La discussion de cette intéressante question théorique n'a pas sa place ici ; je renvoie cependant à un mémoire récent de M. Mallard (*B. S. M.* XIV. 293. 1891) dans lequel ce savant a apporté des arguments décisifs en faveur de sa théorie en montrant que les constantes optiques du grenat pyrénéite étaient identiques dans tous les échantillons, comme cela a lieu dans les cristaux dont la symétrie rhombique est le mieux établie.

Il est intéressant de remarquer que les grenats calciques seuls présentent des phénomènes biréfringents nets, bien qu'il en existe de monoréfringents.

Parmi les divers types de propriétés optiques qui ont été décrits jusqu'ici dans les grenats, j'insisterai particulièrement sur ceux qui se rencontrent dans les gisements français et qui, par suite, nous intéressent plus directement ici.

Type pyrénéite. Ce type, décrit autrefois par M. Mallard dans l'ouwarowite, se présente avec la plus grande netteté dans le grenat pyrénéite, étudié récemment par le même savant qui a bien voulu m'autoriser à reproduire les figures de son mémoire (fig. 5 à 10).

Les dodécaèdres b^1 (110) de la pyrénéite ont la même constitution que ceux de la boracite ; ils sont formés par douze pyramides rhombiques, réunies au centre du cristal et ayant pour base les faces b^1. Ces douze cristaux se réduisent en réalité à six, puisque les deux pyramides ayant respectivement pour base deux faces b^1 parallèles, peuvent être considérées comme appartenant au même individu. L'un des axes binaires de ces cristaux coïncide avec un axe binaire du cube ; les deux autres sont parallèles, l'un à un autre axe binaire, l'autre à l'un des axes quartenaires du cube.

Tandis que, dans la boracite, les individus constituants sont enchevêtrés, ils sont très distincts dans les grenats qui nous occupent. Dans la pyrénéite, la position de leurs plans de jonction peut même être vue en lumière naturelle grâce à des inclusions charbonneuses qui les ont recouverts. (fig. 5, 7, 9 et 11.)

Dans chaque cristal, l'axe minimum n_p est perpendiculaire à b^1 (110),

l'axe maximum n_g est parallèle à la grande diagonale de cette face et l'axe moyen n_m parallèle à sa petite diagonale.

La bissectrice aiguë est *positive*. 2 V = 56° environ. (Pour les données numériques concernant la pyrénéite, voir page 218.)

Les figures 5 et 6 représentent une section b^1. La plage centrale 1 est perpendiculaire à la bissectrice obtuse n_p ; les plages 2 et 3 sont perpendiculaires à la bissectrice

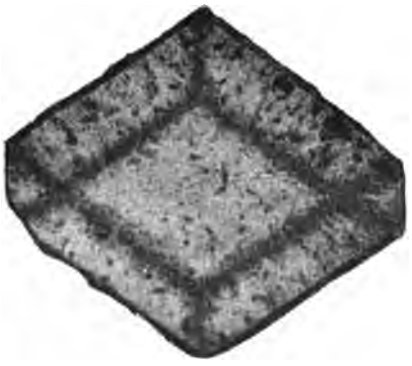


Fig. 5.
Photographie d'une section b^1 (110) de pyrénéite (D'après M. Mallard).

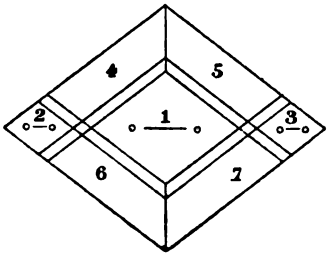


Fig. 6.
Dessin théorique de la fig. précédente (D'après M. Mallard).

aiguë positive ; le plus grand indice des plages 4, 5, 6 et 7 est voisin de leurs grands côtés.

Les figures 7 et 8 représentent une section perpendiculaire à un axe quaternaire du dodécaèdre [sections p (100)]. Les plages 1, 2, 3, 4 sont parallèles au plan des axes optiques.

Les figures 9 et 10 montrent une lame perpendiculaire à un axe ternaire du dodécaèdre passant près du centre du cristal [section a^1 (111)]. Les plages 1, 2, 3 et 4, 5, 6, 7, 8, 9 ont respectivement la même orientation et ne sont perpendiculaires à aucun des trois axes principaux de l'ellipsoïde optique.

Fig. 7.
Photographie d'une lame parallèle p (100) de la pyrénéite (D'après M. Mallard).

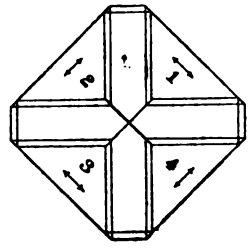


Fig. 8.
Dessin théorique de la fig. précédente (D'après M. Mallard).

M. Mallard a fait remarquer que le réseau élémentaire de ces gre-

nats n'est pas réellement orthorhombique, mais que chaque pyramide est elle-même constituée par des groupements intimes de cristaux d'une symétrie moins élevée.

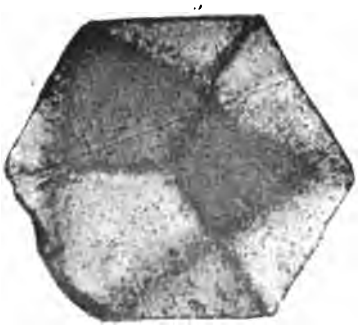


Fig. 9.
Photographie d'une section de pyrénéite parallèle à a^1 (111). (D'après M. Mallard.)

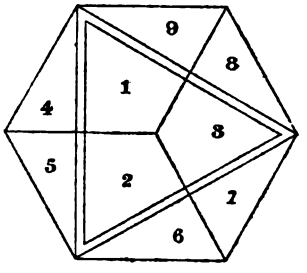


Fig. 10.
Dessin théorique de la section précédente. (D'après M. Mallard.)

Dans les plaques épaisses, on voit en effet de fines lamelles hémitropes dont les directions sont parallèles au plan de symétrie du cristal rhombique. La figure 11 représente un cristal de pyrénéite que j'ai recueilli au pic d'Espade. Il est taillé suivant le dodécaèdre, mais la section, au lieu de passer près de la surface comme dans les figures 5 et 6, est taillée au centre du cristal de façon à faire disparaître la plage centrale de la fig. 6.

Fig. 11.
Section b^1 de pyrénéite passant par le centre et montrant les lames hémitropes dans les deux secteurs latéraux perpendiculaires à la bissectrice positive.

On voit très nettement dans les deux secteurs de droite et de gauche perpendiculaires à la bissectrice aiguë positive de fines bandelettes rappelant celles des feldspaths tricliniques. Les angles d'extinction sont très faibles et symétriques par rapport à la trace de la ligne de macle.

Dans les sections p (100), les groupements microscopiques sont représentés par deux séries de bandes à angles droits rappelant le quadrillage du microcline.

J'ai eu l'occasion d'étudier d'autres grenats construits sur le même type que la pyrénéite et dans lesquels la symétrie intérieure réelle est plus nettement oblique encore que dans la pyrénéite.

L'un provient de la montagne de Senet en Aragon. Une section parallèle au dodécaèdre présente la structure de la pyrénéite, avec cette différence toutefois, que la plage centrale, au lieu de posséder une orientation homogène, est formée par le feutrage de petites lamelles biréfringentes. Quand on place le cristal dans la position de la fig. 12, de façon à ce que les sections principales des nicols servent respectivement de diagonale au losange central de la figure, l'extinction est imparfaite et il est nécessaire de tourner la préparation de petits angles à gauche ou à droite pour obtenir une extinction, du reste toujours incomplète, en raison des superpositions nombreuses des lames minces constituant la plage.

Fig. 12.
Section b^1 du grenat de Senet vue en lumière polarisée parallèle. (Les diagonales de la section losangique sont parallèles aux sections principales des nicols.) La plage centrale est formée par un feutrage de lames hémitropes.

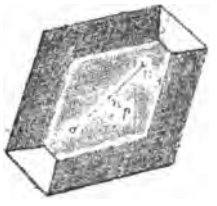


Fig. 13.
La même section placée à 45° de la position de la fig. 12. Les lamelles hémitropes placées dans la position d'éclairement commun ne sont plus visibles.

En plaçant le cristal à 45° de cette première position (fig. 13), les lamelles hémitropes se trouvent dans leur position d'éclairement commun, la plage se colore d'une façon uniforme et la superposition à la plaque d'une lame de quartz teinte sensible, ne permet plus de déceler la structure complexe de la plage.

On se trouve ici en présence de phénomènes absolument analogues à ceux que présente une lame p de microcline. Quant aux plages périphériques, elles possèdent les mêmes propriétés optiques que celles de la pyrénéite.

Une section p (001) faite près de la surfaee m'a donné la même disposition que celle qui est représentée plus loin par la fig. 17; mais les quatre secteurs toujours éteints sont entremêlés de fibres disposées parallèlement à leurs bissectrices; elles ont un allongement tantôt positif, tantôt négatif et s'éteignent suivant les diagonales de la figure.

Enfin une section perpendiculaire à un axe ternaire et voisine de la surface montre une division en trois secteurs triangulaires, composés de

fibres interrompues, s'éteignant suivant les diagonales des trois triangles. Le plus grand indice de la section est parallèle à ces diagonales, contrairement à ce que l'on observe dans les sections semblables de pyrénéite et des autres grenats décrits plus loin.

Le peu de matière que j'ai eu à ma disposition ne m'a pas permis de pousser plus loin l'étude de ce grenat.

Il m'a été possible de faire une étude plus complète du grenat de Framont; il se rapproche tout à fait des précédents. Les figures 14, 15 et 16 représentent des sections parallèles au dodécaèdre et taillées à des distances variées du centre.

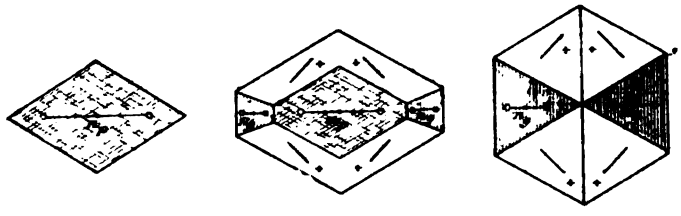


Fig. 14. Fig. 15. Fig. 16.

Sections du grenat de Framont parallèles à b^1 (110) et taillées à la surface du cristal (fig. 14), à mi-distance du centre (fig. 15), au centre (fig. 16).

La seule différence existant entre ce grenat et la pyrénéite consiste dans la structure complexe de la plage centrale et dans l'écartement des axes optiques, beaucoup plus grand autour de la bissectrice aiguë positive que dans la pyrénéite. Dans celle-ci, en effet, 2 V est d'environ 56° tandis qu'ici 2 V est voisin de 90°. Il en résulte que la différence de biréfringence est très faible entre les deux petites plages latérales, perpendiculaires à n_g et la plage centrale, per-

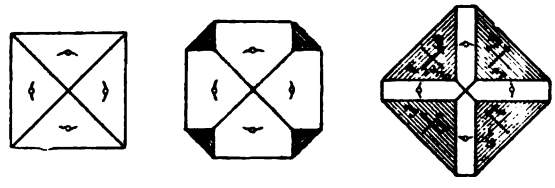


Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19.

Sections du grenat de Framont parallèles à p (100) et taillées à la surface du cristal (fig. 17) à mi-distance du centre (fig. 18), au centre (fig. 19).

pendiculaire à n_p. De plus, par suite de cette valeur particulière de l'écartement des axes optiques, les sections parallèles à p (100),

au lieu d'être intermédiaires entre une bissectrice et un axe optique comme dans la pyrénéite, sont presque rigoureusement perpendiculaires à un axe optique.

Dans les sections passant par le centre ou voisines du centre (fig. 18 et 19), les quatre secteurs qui dans la fig. 8 sont marqués 1, 2, 3, 4 sont encore parallèles au plan des axes et présentent des bandes hémitropes très nettes.

Les sections parallèles aux faces de l'octaèdre, ne présentent pas de grandes différences avec celles de la pyrénéite. Les six plages de la fig. 22 possèdent des bandes hémitropes parallèles aux côtés de l'hexagone avec extinction presque longitudinale, le plus grand indice de la section est parallèle également à la trace des lamelles hémitropes. Quant aux trois plages triangulaires des fig. 20 et 21, leur

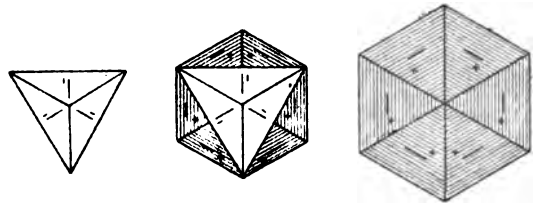


Fig. 20. Fig. 21. Fig. 22.
Sections du grenat de Framont parallèles à a^1 (111) et taillées à la surface du cristal (fig. 20), à mi-distance du centre (fig. 21), au centre (fig. 22).

extinction a bien lieu suivant la diagonale de l'angle de 120° (direction du plus petit indice), mais cette extinction est imparfaite, la plage étant constituée par de petites fibres microscopiques entrelacées.

Enfin j'ai trouvé dans la syénite néphélinique de Pouzac des grenats grossulaires-mélanites offrant la même structure. Par suite de la rareté des cristaux, je n'ai pu obtenir que deux sections orientées de ce grenat. L'une est parallèle à *p* (100) et voisine de la surface ; elle est presque rigoureusement perpendiculaire à un axe optique comme dans le grenat de Framont.

Fig. 23.
Section parallèle à *p* (100) du grenat de Pouzac.

La fig. 23 montre que ce grenat, au lieu de donner des plages à surface uniforme, possède un aspect chagriné très curieux.

L'autre section a été taillée dans un dodécaèdre noir à mi-distance de

la surface et du centre. En lumière naturelle, on constate que la plage est constituée par un losange central jaune brunâtre très foncé et par une large bordure presque incolore. Le centre est très ferrugineux (probablement *grenat mélanite*); la périphérie l'est beaucoup moins et se rapporte au type peu ferrugineux le plus fréquent dans ce gisement.

Les deux zones sont construites sur le plan de la *pyrénéite*. En lumière polarisée parallèle, on constate la même disposition que dans les figures 5 et 6, mais avec cette différence que le losange central (correspondant à la partie ferrugineuse), au lieu d'être homogène, a la structure de la fig. 15. Ce sont donc deux grenats (type pyrénéite) emboités l'un dans l'autre. L'extinction de la bordure périphérique du grenat ferrugineux central se fait d'une façon régulière, tandis que celle de la bordure du grenat extérieur est irrégulière, ondulée. On voit très nettement dans cette section que ces zones de composition chimique différente présentent de petites différences dans leurs propriétés biréfringentes. J'espère pouvoir me procurer de nouveaux cristaux de ce grenat qui me permettront de serrer la question de plus près.

Type topazolite. La connaissance des propriétés optiques des grenats du type précédent permet d'interpréter facilement celles de la topazolite. Si en effet, dans les figures 5 et 6, représentant une section b^1 de la pyrénéite, on suppose la plage centrale non plus homogène, mais constituée par quatre secteurs triangulaires, limités par les diagonales du rhombe, on a la figure représentée par une section b^4 de topazolite.

Le point de jonction des quatre pyramides ne se trouve généralement pas exactement au centre de la figure (fig. 24). Les diverses plages ne sont pas toujours rigoureusement limitées par des lignes droites; il arrive fréquemment que celles-ci fondent insensiblement l'une dans l'autre, comme cela a lieu dans la fig. 25.

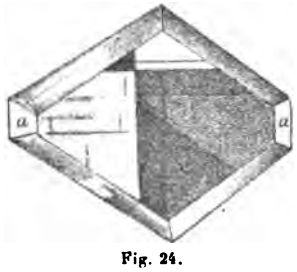


Fig. 24.
Section b^4 de topazolite passant près de la surface. (D'après M. Mallard.)

En lumière polarisée parallèle, on constate que l'orientation est uniforme dans deux secteurs opposés par le sommet et que la projection du plus grand indice n_g fait avec la diagonale du rhombe central des angles variables avec les échantillons : 8° d'après M. Mallard, 2° à 17° d'après M. Klein.

En lumière convergente, on voit que les quatre secteurs centraux

au lieu d'être rigoureusement perpendiculaires à la bissectrice négative, comme l'était le rhombe central de la pyrénéite, sont un peu obliques sur cette bissectrice.

Si l'on imagine que l'angle d'extinction de chaque secteur diminue jusqu'à devenir nul, on voit que les quatre secteurs se confondront alors en un seul et l'on sera ramené au type de la pyrénéite.

Une section perpendiculaire à un axe quaternaire donne dans la topazolite une division en huit secteurs plus ou moins irréguliers s'éteignant à quelques degrés des diagonales de la face. En lumière convergente, on constate que quatre de ces secteurs sont un peu obliques sur un axe optique.

Fig. 25.
Section b^1 de topazolite passant par le centre.

Les sections perpendiculaires à un axe ternaire donnent une division en trois ou six secteurs plus ou moins brouillés, s'éteignant sous des angles variables par rapport à leur ligne de jonction.

M. Mallard a montré que tous ces phénomènes pouvaient s'expliquer en supposant que le dodécaèdre de la topazolite est constitué par le groupement de quarante-huit pyramides ayant pour base les quarante-huit faces d'un hexoctaèdre qui forme de petites pyramides très surbaissées à la surface des faces b^4 de ce grenat.

Type aplome. Il existe des grenats présentant une structure zonaire très curieuse ; il est possible d'en séparer mécaniquement les couches successives. L'examen microscopique montre souvent des alternances de zones biréfringentes et de zones monoréfringentes. D'autre part, il n'est pas rare d'observer des phénomènes biréfringents se rapportant à des types différents au centre et à la périphérie (type topazolite ou pyrénéite, souvent fortement enchevêtrés).

Je ne range pas dans ce type le cristal du grenat de Pouzac cité plus haut, car il ne présente pas d'alternances de zones monoréfringentes et biréfringentes, mais seulement un emboitement de deux individus biréfringents du même type.

En résumé, on voit que les types pyrénéite ou topazolite présentent entre eux une assez grande analogie ; les grenats de Framont, de Senet, etc., établissant en quelque sorte un terme de passage entre les deux, viennent apporter un argument de plus en faveur de la théorie de M. Mallard.

Il semble que tous ces grenats constituent une famille dont les réseaux élémentaires, monocliniques ou tricliniques, présentent d'un type à l'autre des variations analogues à celles des divers feldspaths tricliniques.

Des analyses, effectuées sur des échantillons dont les constantes optiques auront été déterminées avec soin, permettront peut-être d'établir quelques relations intéressantes entre la composition chimique et les variations dans les propriétés optiques.

M. Klein a décrit deux autres modes de groupement que je n'ai pas rencontrés dans les gisements français et que par suite je ne cite ici que pour mémoire. Ce sont ceux qu'il a appelés *type octaédrique* et *type icositétraédrique.*

Type octaédrique. Dans ce type observé dans les cristaux de grenats octaédriques de l'île d'Elbe, le grenat est constitué par huit pyramides uniaxes ayant leur sommet au centre du cristal et leur base parallèle aux faces a^1 (111). Leur axe optique unique est *négatif* et perpendiculaire aux faces a^1 (111).

Type icositétraédrique. Ce type est réalisé par les grenats a^2 (211) de Wilui ; les cristaux sont formés par vingt-quatre pyramides rhombiques ayant pour base les faces a^2. La bissectrice aiguë *positive* est perpendiculaire aux faces a^2 (211) et le plan des axes optiques perpendiculaire à la diagonale symétrique de cette face.

Diagnostic. Les formes des grenats sont suffisamment caractéristiques pour les faire reconnaître rapidement.

Il est souvent plus difficile au premier abord de distinguer entre eux les divers types de ce groupe, la couleur (sauf pour l'ouwarowite) n'étant pas suffisante. La densité jointe aux caractères pyrognostiques peut en général conduire à un rapide diagnostic.

	Densité	Caractères au chalumeau.
Grossulaire....	3.4 à 3.6.	Très facilement fusible en verre de couleur claire non magnétique.
Ouwarowite....	3.4.	Infusible (avec borax, réaction de chrome).
Pyrope	3.69 à 3.78.	Difficilement fusible en perle noire non magnétique (souvent avec borax, réaction du chrome).
Mélanite.....	3.8 à 4.1.	Fusible en globule noir plus ou moins magnétique.

	Densité.	Caractères au chalumeau.
Almandin	4.1 à 4.3.	Fusible en globule foncé ou noir plus ou moins magnétique.
Spessartine....	3.7 à 4.27.	Assez facilement fusible en globule noir non magnétique (avec borax au feu oxydant, réaction du manganèse).

Je rappellerai en outre que le grossulaire, l'ouwarowite et le mélanite seuls présentent des propriétés optiques distinctes.

En lames minces, les grenats sont remarquables par leur indice de réfraction très élevé, donnant naissance à un relief très prononcé, accompagné souvent d'un aspect chagriné, dû aux réflexions totales sur les inégalités des surfaces imparfaitement polies. Dans les variétés biréfringentes, les contours globulaires des cristaux et les formes des secteurs intérieurs sont très caractéristiques.

GROSSULAIRE

$Ca^3 Al^2 Si^3 O^{12}$

Formes observées. b^1 (110), a^2 (211), $s = (b^1\, b^{1/2}\, b^{1/3})$ (321).

$a^2 b^1 = 125° 16'$ (sur a^1) $\qquad s\, a^2 = 169° 6'$ (adj.)

Faciès des cristaux. Les faces b^1 (110) et plus souvent les faces a^2 (211) et s sont striées parallèlement à leurs intersections mutuelles.

Dureté. 6.5 à 7.

Densité. 3.4 à 3.6. 3,54 (pyrénéite). Le grenat de Pouzac, intermédiaire entre le grossulaire et le mélanite, possède une densité de 3.71. La densité s'abaisse après fusion.

Colorations. Incolore, blanc ou gris, verdâtre, vert jaune, jaune orange, brun cannelle, rouge ou brunâtre. Poussière blanche. Eclat vitreux.

Propriétés optiques. Quelques variétés sont monoréfringentes ou peu biréfringentes. La pyrénéite présente des phénomènes extrêmement nets, observés pour la première fois par M. des Cloizeaux. Ils ont été décrits par M. Mallard ainsi que je l'ai dit plus haut.

On a vu plus haut les propriétés optiques du grossulaire ferrugineux de Pouzac et de Senet

J'ai obtenu pour l'indice du grenat monoréfringent de Barbin les valeurs suivantes :

$$\mathbf{n} = \begin{cases} \text{jaune} = 1{,}7474 \\ \text{rouge} = 1{,}7428 \end{cases}$$

M. Mallard a donné pour l'indice moyen de la pyrénéite :

$$n_m = 1{,}74$$

Le même savant a mesuré l'écartement des axes de la pyrénéite et trouvé :

$$2V = 56° 30'.$$

Dispersion énergique, $\rho < \nu$.

La biréfringence maximum est dans la pyrénéite (Mallard) :

$$n_g - n_p = 0{,}0271$$
$$n_g - n_m = 0{,}00210$$
$$n_m - n_p = 0{,}00061$$

Composition chimique. Les analyses suivantes ont été faites sur des grenats pyrénéens toujours plus ou moins ferrugineux.

a) Grenat du pic d'Espade (*type pyrénéite*) (Lx.).

b) Grenat de la Piquette déras lids (*type pyrénéite*) par Vauquelin (*J. M.* floréal. an VI. n° XLIV. 571).

c) Grenat du pic de Péguères (*type Arbizon*) (Lx.).

d) Grossulaire (passage au mélanite) de la syénite néphélinique de Pouzac (Lx.).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)
SiO^2	38,96	43	39,91	39,05
Al^2O^3	18,31	16	21,15	16,41
Fe^2O^3	4,07	16 (FeO)	3,58	9,23
CaO	37,68	20	35,57	35,30
MgO	0,99	4 (Perte au feu)	»	»
	100,01	99	100,21	99,99

Dans un grand nombre de gisements, on trouve des passages entre le grossulaire et le mélanite. Cela a lieu tout particulièrement dans les calcaires modifiés par le granite.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fond facilement en un verre grisâtre, verdâtre ou noirâtre, non magnétique. Lentement attaquable par l'acide chlorhydrique ; après calcination et surtout fusion fait gelée dans les acides.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le grossulaire se rencontre en France dans trois gisements différents :

1° Dans les calcaires modifiés par le granite et plus rarement par des roches basiques.

2° Dans les granulites, dans les filons de quartz en relation avec elles et dans les roches sédimentaires modifiées par les granulites.

3° Dans les syénites néphéliniques.

1° *Dans les calcaires modifiés par le granite.*

Les gisements de cette nature se rencontrent dans les Pyrénées. Le grossulaire très peu ferrifère est rare dans la plupart des gisements ; le grenat le plus abondant est intermédiaire entre le grossulaire et le mélanite : la quantité de fer y est très variable dans les échantillons des divers gisements.

J'ai rattaché au mélanite les grenats que l'on trouve dans les mêmes conditions en Normandie et dans le Plateau central. Des analyses seraient nécessaires dans chaque cas particulier pour savoir si les échantillons doivent être rapportés au type grossulaire plutôt qu'au mélanite. En l'absence de cristaux nets, je n'ai pas cru devoir entreprendre ce travail et je me suis guidé sur les caractères pyrognostiques pour établir mes divisions.

Les grenats des calcaires de ce genre de gisement sont très souvent accompagnés d'idocrase, de pyroxène et quelquefois d'épidote.

Pyrénées. — En décrivant l'idocrase des Pyrénées, j'ai fait remarquer que, d'une extrémité à l'autre de la chaîne, on trouvait ce minéral accompagné de grenat, dans les calcaires précambriens et paléozoïques, modifiés par le granite.

J'ai cherché à déterminer exactement la nature des gisements connus et à les relier à ceux que j'ai moi-même découverts.

Dans les Pyrénées, les grenats appartenant à ce genre de gisement peuvent être rapportés à deux types. Tous se présentent en rhombododécaèdres b^1, mais les uns (*type pyrénéite*) ne dépassent guère quelques millimètres, tandis que les autres (*type Arbizon*) peuvent atteindre 2^{cm} de diamètre.

Les premiers sont généralement disséminés dans des calcaires noirs, alternant avec des lits siliceux ou silicatés au contact desquels on rencontre parfois de l'idocrase qui n'est jamais mélangée avec les grenats. *Les grenats pyrénéites*, parfois incolores ou jaunes, sont le plus souvent *colorés en noir* par de la matière charbonneuse.

Les grenats du second type au contraire se rencontrent dans des *calcaires blancs* ou grisâtres ; ils sont jaune brunâtre et le plus souvent intimement associés à des cristaux d'idocrase.

En explorant le massif du pic d'Arbizon, j'ai pu m'assurer que ces deux variétés de grenat se rencontraient dans le même gisement, mais à des distances différentes du granite.

En effet, *au contact immédiat* du calcaire et du granite, les calcaires sont transformés en une roche massive, constituée presque exclusivement par du grenat et de l'idocrase sans formes distinctes. C'est dans les parties où il subsiste encore du calcaire que l'on rencontre les cristaux nets de ces deux substances (grenat, *type Arbizon*).

Quand on s'éloigne du contact, les calcaires deviennent moins cristallins, ils conservent leur pigment charbonneux et c'est alors que l'on y trouve le grenat du *type pyrénéite*, formant parfois aussi des bancs massifs.

Ces deux formes de grenat ne se présentent pas du reste toujours dans le même gisement. C'est le type pyrénéite qui est le moins fréquent.

Les cristaux isolés dans le calcaire ont toujours la forme b^1, ceux qui tapissent les cavités des bancs ont généralement la forme $b^1\ a^2$.

Type pyrénéite.

Ce type est particulier aux Hautes-Pyrénées. Le premier gisement a été découvert par Ramond à la Piquette déras lids, au sud de Barèges (*J. M.* floréal. an VI. n° XLIV. 565 et *Voyage au Mont-Perdu*, Paris. 36 et 306). Cet auteur signalait dans le calcaire, non loin du granite, de petits rhombododécaèdres de grenat rouge[1] et par place des cristaux très nets noirs ou blancs du même minéral.

Les cristaux noirs furent analysés par Vauquelin (*J. M. id.* 671) et

1. Ramond ne précise pas les relations respectives de gisement de ses grenats rouges et de ses grenats noirs. D'après les échantillons que j'ai recueillis dans ce gisement, il me semble certain que les grenats rouges sont à rapporter au *type Arbizon*. A la Piquette, au mont Caubère et à Campana, on trouve en effet des cristaux de ce type plus rouges et plus petits que ceux de Péguères et de l'Arbizon : ils se rapprochent, comme taille, de la pyrénéite avec laquelle ils ne doivent pas être confondus d'ailleurs.

Ramond donna pour leur densité le nombre 2.5 beaucoup trop faible pour un grenat, aussi Werner considèra-t-il cette substance comme un minéral spécial qu'il nomma pyrénéite (dans sa dernière année de cours 1811-1812, in Hoffmann. *Minéralog.* II. 371. 1812). Sur la foi de l'analyse de Vauquelin, cette substance a été considérée comme une variété de mélanite jusqu'à ce que M. Mallard, à la suite de l'étude optique exposée plus haut, ait montré par des essais qualitatifs que ce grenat était un grossulaire. L'analyse que j'ai donnée page 218 tranche définitivement la question.

Vauquelin est tellement catégorique dans les détails de son analyse qu'il me semble évident que le minéral étudié par lui était bien un grenat ferrugineux. Au cours de l'impression de cet ouvrage, j'ai recueilli et examiné qualitativement un grand nombre de grenats de cette région et j'ai pu m'assurer qu'ils oscillent entre un type peu ferrugineux qui constitue les cristaux étudiés par M. Mallard et par moi-même et des grenats assez riches en fer comme quelques-uns de ceux de l'Arbizon. Il n'y a rien d'impossible à ce que Vauquelin ait analysé un de ces derniers. L'erreur de densité commise par Ramond est du reste évidente.

Localement, le grenat compacte forme à lui seul de minces bancs dont les fissures sont parfois tapissées de petits cristaux blancs ou jaune pâle, transparents, du même minéral ; ils ont alors la forme $b^1\ a^2$.

Les grenats du type pyrénéite ne dépassent guère 3^{mm} de diamètre ; ils se rencontrent particulièrement aux environs de Barèges, à la lisière du massif du Néouvielle dans les conditions énoncées plus haut. En voici du reste les principaux gisements en outre de la Piquette déras lids.

Charpentier (*op. cit.* 271) dit en avoir recueilli de beaux échantillons dans un couloir descendant de la Piquette déras lids[1] dans la gorge

1. L'orthographe et même les noms des montagnes de la vallée du Bastan ont beaucoup varié depuis un siècle et il est parfois difficile de retrouver la position exacte des gisements décrits par les anciens auteurs (Picot de Lapeyrouse, Pasumot, Ramond, Charpentier). J'ai adopté l'orthographe Piquette déras lids comme la plus conforme à l'étymologie (petit pic des avalanches) ; *déras* étant l'article dans la langue du pays, l'orthographe d'Eres n'est pas correcte ainsi que me l'a fait remarquer M. Frossard. On trouve ce pic orthographié Drelitz, Dretlis, d'Eslitz, d'Eredlitz, d'Eres-Lids, de Lydts, de Lienz, etc.

D'après la carte donnée par Pasumot, le pic de Caubère (qu'il appelle Cobero) serait le point 2491, dominant, à l'est, l'entrée du ravin d'Escoubous et faisant face à la Piquette déras lids.

Charpentier signale de beaux cristaux de pyrénéite au dessus du Tourmalet, c'est probablement du pic d'Espade dont il s'agit. Quant au pic d'Ise ou d'Azé, cité par le même auteur, je n'ai pu trouver sa position ; peut-être est-ce le pic d'Ayré qui domine à l'ouest le ravin de Glaire (ou de Lienz).

d'Escoubous, au pic d'Espade (dans calcaire sableux), au Mont-Caubère.

J'ai cité plus haut le gisement du pic d'Arbizon. J'y ai trouvé, en outre, de jolis cristaux (b^4 a^2) de grenat jaune de miel au contact des calcaires modifiés, à grenat du type Arbizon, et des filonnets d'axinite qui les traversent à proximité du granite : ils présentent des phénomènes biréfringents du type pyrénéite.

M. Gourdon m'a signalé la pyrénéite au lac de Bordère.

D'après M. Frossard (*Bull. Soc. Ramond.* XXVII. 1892), ce minéral existerait aussi dans le massif du pic du Midi, ainsi qu'au pic de Péguères à Cauterets.

M. des Cloizeaux m'a remis des échantillons de pyrolusite terreuse qu'il a recueillis dans les mines de manganèse d'Adervieille (vallée de Louron). Ils accompagnent la diallogite, la rhodonite et la friedélite. En les traitant par l'acide chlorhydrique, j'ai pu isoler de très jolis petits grenats (b^4) transparents, incolores ou blanc grisâtre qui semblent être identiques à la pyrénéite. Il est probable qu'ils ont une semblable origine et qu'ils sont antérieurs aux actions hydrothermales qui ont donné naissance aux minéraux manganésifères imprégnant toutes les roches de ce gisement.

Type Arbizon.

Les grenats de ce type sont beaucoup plus répandus que les précédents ; ils se rencontrent sur toute l'étendue de la chaîne des Pyrénées ; leurs propriétés optiques sont généralement peu nettes.

Basses-Pyrénées. Aux environs des mines d'Anglas et d'Ar, au dessus des Eaux-Bonnes, j'ai rencontré ce minéral en cristaux très déformés dans des calcaires dévoniens.

Hautes-Pyrénées. J'ai signalé déjà, à l'occasion de l'idocrase, le gisement du Pic de Péguères à Cauterets ; les grenats atteignant $1^{cm}5$ de diamètre y sont très beaux, mais beaucoup moins abondants que dans les gisements qui seront cités plus loin. Ils sont remarquables par leur association intime avec l'idocrase. La fig. 3 de la page 163 représente un échantillon de ce gisement.

Lorsqu'on brise ces grenats, on constate une cassure régulière en escaliers dont M. E. Bertrand a donné l'explication (*B. S. M.* IV. 14. 1882) ; il a pu en effet diviser ces grenats en quarante-huit pyramides ayant leur sommet au centre du cristal. Les surfaces en escalier signa-

lées plus haut seraient, d'après ce savant, les surfaces de jonction de ces pyramides.

Il y a lieu de faire remarquer que ces grenats présentent des phénomènes biréfringents difficiles à interpréter à cause de leur peu de netteté.

M. Frossard a plusieurs fois appelé l'attention sur ce gisement (*B. S. Ramond*, 1868. 129 et *B. Soc. Borda*. 1884. 301).

Sur toute la lisière du massif granitique du Néouvielle, les grenats de ce type se rencontrent partout où le granite touche le calcaire. On les trouve notamment à la Piquette déras lids, au Mont-Caubère, à la montagne de Campana, au pic d'Espade. Les cristaux sont petits et d'un rouge foncé; il est facile d'en recueillir des blocs dans tous les ravins descendant du sud dans la vallée du Bastan (environs de Barèges). Ce sont là sans doute les grenats rouges cités par Ramond et analysés par Vauquelin.

J'ai déjà signalé plus haut à ce sujet le pic d'Arbizon (cirque d'Arec); c'est en effet le point où l'on peut le plus facilement toucher ce contact et recueillir en abondance de beaux échantillons de grenat dont les dimensions varient de 1^{cm} à $0^{cm}25$ de diamètre. Dans quelques blocs, les grenats en cristaux parfaitement nets sont pressés les uns contre les autres, réunis par une très petite quantité de calcaire. Sur les surfaces exposées à l'air, les grenats sont en partie dégagés et prennent par oxydation une teinte plus foncée. On peut alors constater que la périphérie des cristaux est creusée de cavités originellement remplies par de la calcite.

Haute-Garonne. Charpentier (*op. cit.* 145) signale à peu de distance du Port-d'Oo des calcaires grenus, grisâtres, avec couches de grenat et d'épidote. M. Gourdon a rapporté des échantillons analogues de la haute vallée de Louron. Sur le versant espagnol, au pic du Ceil de la Baque, dans le massif des Posets (montagne de Sahun) et à la Pique Fourcanade [Aragon], le même savant a trouvé des grenats associés à de l'idocrase dans des calcaires tout à fait identiques à ceux du pic de Péguères.

C'est aussi au même genre de gisement qu'il y a lieu de rapporter les beaux dodécaèdres de grenat jaune brunâtre de la montagne de Senet [Catalogne] dont j'ai décrit plus haut les propriétés optiques. Ils ont été trouvés par M. Gourdon avec de l'idocrase et de l'épidote.

Ariège. M. Caralp m'a signalé l'existence du grenat et de l'idocrase

du type Arbizon dans les calcaires paléozoïques (siluriens) des environs du lac de Bethmale, dans le massif du Mont-Vallier.

J'ai rencontré les mêmes minéraux au fond de la vallée d'Aulus, à la mine des Argentières et au port de Saleix (sur les versants E. et O). Dans ces derniers gisements, le grenat seul forme parfois des bancs de plusieurs décimètres d'épaisseur. Les cristaux nets sont accompagnés d'idocrase, wollastonite, épidote, etc. Quant aux schistes intercalés dans ces calcaires (dévoniens), ils sont transformés en schistes micacés à andalousite (*type Huelgoat*).

Le granite du massif de Quérigut se trouve en contact avec des calcaires anciens, sur lesquels M. Roussel a appelé mon attention ; je les ai étudiés cette année. Les minéraux développés dans ces conditions sont le grenat, l'idocrase, le pyroxène. Le grenat est surtout abondant, il appartient exclusivement au *type Arbizon*.

Quand on suit le sentier qui descend du port de Paillières vers Mijanès, on voit le granite injecté dans le calcaire (dévonien, d'après M. Roussel). Au roc de l'Encledous, on peut observer une quantité prodigieuse de cristaux de grenats, variant du jaune brunâtre au brun rouge; leur grosseur moyenne est celle d'une petite noisette, quelques-uns atteignent 3^{cm} de diamètre. Fréquemment, ces cristaux sont aplatis suivant une face b^1 (110) et parfois réduits à un squelette creux hexagonal. Ils sont engagés dans un calcaire cristallin alternant avec des bancs de grenat compacte dans les cavités duquel se rencontrent des cristaux nets b^1 a^2 (110) (211) ayant leurs faces beaucoup plus nettes que ceux qui se trouvent dans le calcaire et qui ne présentent que la forme b^1. On a vu plus haut que l'idocrase est rare dans ce gisement.

De même que dans les Hautes-Pyrénées, ces calcaires modifiés sont localement parcourus par des filonnets de quartz avec épidote jaune pâle et albite. Ce gisement est remarquable par l'abondance des cristaux de grenat que l'on peut recueillir en place sur une longue distance.

Plus au sud et à la frontière des Pyrénées-Orientales, ce même granite est en contact avec d'autres calcaires (précambriens, d'après M. Roussel); il y détermine les mêmes modifications, mais ce sont ici les bancs de grenat massif qui dominent. Les cristaux nets sont beaucoup plus fréquents; on y rencontre deux variétés, l'une jaune rougeâtre pâle, l'autre brun rouge foncé ; l'idocrase brun rouge est assez abondante, ainsi que le pyroxène en très petits cristaux verts.

Les points qui se recommandent spécialement par l'abondance des

cristaux sont les abrupts du pic de Ginevra qui dominent le ruisseau de Boutadiol (descendant au village d'Artigues), ainsi que les flancs et la base des rocs de Bragues, de l'Embinade, etc.

Dans ces divers endroits, le métamorphisme de la granulite s'est superposé à celui du granite, et les schistes, intercalés avec des calcaires modifiés, sont criblés de cristaux de tourmaline.

Pyrénées-Orientales. Au S.-E. du gisement précédent, un contact du même genre peut s'observer sur la rive gauche de l'Aude, au pont de l'ancienne forge de Puyvalador. Les grenats d'un jaune brun clair, engagés dans le calcaire, ressemblent à ceux de Péguères ; ceux des bancs massifs au contraire ont une couleur plus foncée que ceux des autres gisements de la région.

M. Roussel m'a remis des échantillons analogues d'un autre gisement situé à l'est de Puyvalador, au pic de Madrès que je n'ai pas visité moi-même.

C'est encore au même genre de gisement qu'il y a certainement lieu de rapporter les grenats signalés par Boubée dans des calcaires aux environs de Py, à gauche du chemin de ce village au Vernet.

2° *Dans les granulites, les filons de quartz et les roches granulitisées.*

Dans ce genre de gisement, le grossulaire est toujours de couleur claire, souvent transparent ; les cristaux sont généralement nets.

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* M. Baret a recueilli de très jolis grenats grossulaires d'un blanc un peu verdâtre dans une fissure du gneiss pyroxénique à dipyre de la carrière de l'Etang, près Saint-Nazaire. Ces cristaux, extrêmement brillants, sont souvent enchevêtrés ; ils portent sur les faces b^1 (110) des stries parallèles à leur petite diagonale. Les propriétés optiques sont du *type pyrénéite.*

Aux environs immédiats de Nantes, à Barbin et au Pont du Cens, M. Baret a trouvé de beaux échantillons de grenat grossulaire, associé à l'idocrase qui a été signalée page 167.

Ces cristaux se trouvent dans des veines quartzeuses des micaschistes granulitisés. Ils présentent de nombreuses variétés de couleur : incolore, jaune, rose de diverses nuances, brunâtre. Leur examen au microscope me fait penser que beaucoup d'entre eux ont dû être originaire-

ment incolores et transparents ; leur couleur actuelle est produite par des infiltrations de produits ferrugineux à travers les nombreuses cassures qui les sillonnent. Leur forme habituelle est $b^1\ a^2$ (110) (211), avec plus rarement s (321).

Tous ces grenats sont monoréfringents. J'ai pu faire tailler dans un petit cristal, transparent et à peine teinté de jaune, le prisme qui m'a servi à déterminer l'indice de réfraction donné plus haut.

Pyrénées. — La partie supérieure des schistes cristallins des Pyrénées et particulièrement les schistes micacés (généralement précambriens) renferment, en un grand nombre de points, des filons ou lentilles de quartz contenant du grossulaire et souvent aussi de l'idocrase. Quand ces filons sont au contact avec des calcaires, ils y développent ces mêmes minéraux qui sont alors très analogues à ceux des calcaires modifiés par le granite. Plus rarement, le grossulaire se rencontre dans de véritables granulites feldspathiques.

Hautes-Pyrénées. Le grenat grossulaire est très abondant dans les calcaires intercalés dans les schistes à andalousite (précambriens ou paléozoïques) granulitisés du massif du pic de Midi.

A une centaine de mètres avant d'arriver à l'observatoire, j'en ai recueilli de beaux cristaux $b^1\ a^2$ jaunes dans un nodule quartzeux et à son contact avec le calcaire ; ces grenats associés à de l'idocrase étaient adhérents au quartz.

Dans les calcaires des crêtes conduisant du col d'Oncet au col d'Aube et ensuite dans ceux de la Som de la Pène Blanque, jusqu'auprès du lac Bleu, les calcaires traversés par la granulite sont criblés de grenat grossulaire, associé à l'idocrase citée page 167. Les mêmes minéraux forment parfois à eux seuls de grandes masses.

Il est possible de recueillir de bons cristaux dans cette région.

Haute-Garonne. M. Gourdon a trouvé d'énormes cristaux b^1a^2, brun rouge, associés à de l'idocrase à Port-Vieux, dans les calcaires précambriens, modifiés par la granulite, ainsi qu'à Beauregard près Luchon et au Bosquet des Bains de cette ville (gros cristaux engagés dans de la malacolite en partie ouralitisée).

Ariège. Le gisement le plus remarquable que j'ai à signaler est celui que j'ai découvert non loin d'Ax. Le tunnel du chemin de fer situé aux environs de Perles (entre les stations de Luzenac et d'Ax) est creusé dans les schistes micacés à andalousite. Il a mis à découvert

des filonnets de quartz dont les débris s'observent dans le talus Est de la voie. Le grenat grossulaire y est abondant, formant parfois des cristaux de 2^{cm} de diamètre. Ils sont d'un beau jaune rougeâtre clair, parfois translucides. Leur forme la plus habituelle est b^1 (110) avec souvent a^2 (211) et s (321), plus rare (fig. 26). Ils ont subi des déformations mécaniques intenses ; leurs faces sont fréquemment gondolées et formées par une série de surfaces faisant entre elles de petits angles (fig. 27). Ils sont accompagnés d'épidote peu abondante.

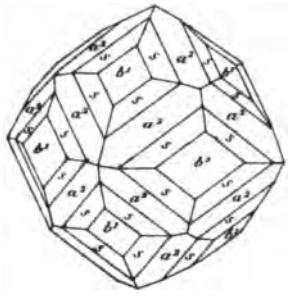


Fig. 26.

Aux environs immédiats d'Ax et d'Ascou, j'ai rencontré également le grenat dans les mêmes conditions, mais en moins beaux cristaux. Le même minéral se trouve aussi dans les bancs calcaires modifiés que l'on trouve intercalés dans les schistes micacés à andalousite.

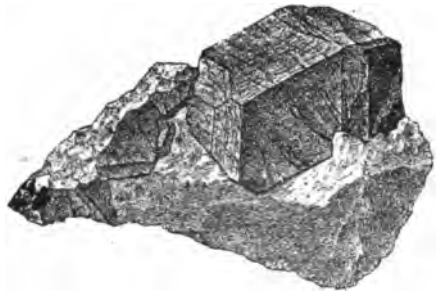


Fig. 27.
Grossulaire b^1 (110) a^2 (211) sur quartz du tunnel de Perles montrant les cassures et déformations mécaniques.

J'ai recueilli de petits grenats arrondis, transparents, jaunes, rappelant l'essonite de Ceylan, dans des filons de pegmatite, presque exclusivement quartzeux, dans les abrupts du Mont-Bédeilla, dominant le ravin de Gnoles, un peu avant le lac Naguille.

Des cristaux rose saumon du même minéral accompagnent la tourmaline (page 91) et le béryl dans les pegmatites de la haute vallée de l'Oriège, au confluent de cette rivière et du petit ruisseau descendant de l'étang de Baxouillade.

Corse. — La collection de l'Ecole des mines renferme avec l'indication « Corse » des cristaux transparents (b^1 a^2) de grossulaire semblables à ceux d'Ala. Le musée de Grenoble possède un mauvais échantillon du même minéral, indiqué comme provenant de Erbalunga. M. A. Locard m'a dit avoir autrefois recueilli des grenats dans cette localité (commune de Brando), située à environ 8 kilomètres au N. de Bastia. Je n'ai pu, malheureusement, recueillir aucun renseignement

sur la nature géologique de leur gisement et je ne les signale ici, en attendant des renseignements plus précis, que par analogie avec les cristaux de nos autres gisements.

3° *Dans la syénite néphélinique.*

Pyrénées. *Hautes-Pyrénées*. La syénite néphélinique de Pouzac, près Bagnères-de-Bigorre, est riche en grenat qui en épigénise la néphéline et la sodalite. J'ai fait voir (*B. S. G.* 3e série. XVII. 511. 1890) comment il se glisse dans les fissures et les clivages de ces minéraux, qu'il parvient parfois à remplacer complètement. Dans le haut de la sablière de Pouzac, ce grenat forme avec épidote de petits filonnets dans une variété très feldspathique de la syénite.

Il est jaune, jaune rougeâtre ; un même échantillon renferme parfois des parties noires plus riches en fer. L'analyse donnée plus haut représente la composition moyenne du minéral qui constitue un terme de passage entre le grossulaire et le mélanite. Il est probable que la variété noire est constituée par un véritable mélanite.

Certains échantillons possèdent une structure plus ou moins fibreuse. Le minéral est fragile. Les propriétés optiques sont extrêmement nettes ; elles appartiennent au type pyrénéite. La fig. 23 représente une section perpendiculaire à un axe quaternaire. On y voit l'aspect chagriné que prend le minéral en lumière polarisée parallèle. Les lames minces montrent que les cristaux sont composés souvent d'enveloppes de composition différente.

OUWAROWITE

$Ca^3Cr^2Si^3O^{12}$

Forme observée. b^1 (110).

Dureté. 7.

Densité. 3.42. 3.43 (Montagne d'Eristé, *Damour*).

Coloration. Vert émeraude (Nouvelle-Calédonie). Vert clair (Montagne d'Eristé). Cette couleur persiste même en lames minces.

Propriétés optiques. Nous avons indiqué plus haut quel type de propriétés optiques présente l'ouwarowite ; c'est le même que celui de la pyrénéite.

J'ai pu l'observer avec la plus grande netteté dans le grenat de la Nouvelle-Calédonie, ainsi que dans celui des Pyrénées. L'observation est difficile dans ce dernier à cause de son peu de transparence qui ne permet pas d'avoir de bonnes lames minces.

Composition chimique. Le grenat vert de la Nouvelle-Calédonie semble appartenir au type ouwarowite pur. Je n'ai pu malheureusement faire sur lui qu'un petit nombre d'essais qualitatifs. Quant aux cristaux des Pyrénées, l'analyse et les propriétés pyrognostiques montrent qu'ils appartiennent à un type intermédiaire entre l'ouwarowite, l'almandin et le mélanite. L'analyse suivante a été faite par M. Damour (*B. S. M.* II. 165. 1879). Cette composition chimique est très analogue à celle des grenats verts d'Oxford (Canada).

SiO^3.....	36,20
Cr^2O^3.....	6,50
Al^2O^3.....	10,20
Fe^2O^3.....	9,60
FeO.....	8,16
CaO.....	27,50
MnO.....	0,50
	98,66

Essais pyrognostiques. L'ouwarowite typique est infusible au chalumeau ; les cristaux des Pyrénées qui, comme nous venons de le dire, ont une composition intermédiaire entre l'ouwarowite, l'almandin et le mélanite sont difficilement fusibles en un verre noir non magnétique. Avec le sel de phosphore et le borax, ils donnent une perle verte chrome).

Altérations. J'ai observé dans la collection de M. Gourdon de très curieuses pseudomorphoses de ce grenat chromifère des Pyrénées en une chlorite (pennine) chromifère d'un vert très foncé.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Pyrénées [versant espagnol]. — Le grenat chromifère analysé par M. Damour a été découvert par M. Gourdon (*B. S. M.* III. 2. 1880) sur le flanc sud de la Montagne d'Eristé, à environ 1 km de la cabane de Pardina (massif du pic des Posets, à environ 5 km 5 au S. du pic). Ce gise-

ment se trouve à 2^{km} E. E. N. de celui d'idocrase du col de Boups signalé page 165.

Il se rencontre dans un calcaire au contact du granite. Il y forme des masses vertes, renfermant parfois de petites géodes, tapissées de rhombododécaèdres qu'il est facile de dégager par les acides.

Ce grenat est accompagné de sphène, de pyroxène, de wernérite, etc.

Nouvelle-Calédonie. — M. Garnier a signalé (*A. M.* 1867) l'existence de l'ouwarowite à l'île d'Oueu (côte S. E. de la Nouvelle-Calédonie).

L'échantillon conservé dans la collection de l'Ecole des mines consiste en une roche feldspathique blanche, très tenace, renfermant de petits grains de grenat vert émeraude.

L'examen d'une lame mince d'environ 1^{mm} m'a fait voir que cette roche est constituée par de l'anorthite ; le grenat vert en lames minces possède les propriétés optiques de l'ouwarowite ; sa biréfringence est plus forte que celle du grenat des Pyrénées.

La roche dont il s'agit est une variété feldspathique de celle que les indigènes de la Nouvelle-Calédonie ont taillée en haches et qui est généralement désignée dans les collections sous le nom impropre de jade. C'est un gneiss à pyroxène ou peut-être un gabbro, rappelant un peu comme composition ceux des Alpes (euphotides) ; il ne présente pas de phénomènes de saussuritisation, mais porte les traces d'actions mécaniques des plus puissantes. Les variétés vertes sont ordinairement riches en pyroxène un peu chromifère.

MÉLANITE

$Ca^3Fe^2Si^3O^{12}$

Formes observées. b^4 (110), a^2 (211).

Dureté. 7. Souvent fragile (Lantigné).

Densité. 3,3 à 3,42.

Coloration. Couleur très variable, jaune, plus ou moins verdâtre dans les variétés les plus pures, brun, brun verdâtre, rouge plus ou moins foncé, noir.

Propriétés optiques. La plupart des mélanites présentent des phénomènes de biréfringence tantôt très nets, tantôt peu distincts. Ils se rapportent aux types pyrénéite, aplome ou topazolite qui ont été décrits plus haut.

Composition chimique. L'analyse *a*) due à Ebelmen (*A. M.* 4e série. VII. 19) représente la composition des cristaux de Lantigné. L'analyse *b*) a été donnée par von Lasaulx (*Et. petr. sur les roches volc. d'Auvergne*, trad. par Gonnard. Clermont. 1875. p. 199); elle a été faite sur une matière évidemment impure, provenant des cornes vertes (contact du granite) des environs de Berzet (Puy-de-Dôme); elle est suffisante cependant pour donner une idée de la nature du grenat contenu dans ce genre de roches, comme le montre du reste la densité donnée (3.002).

	a)	*b*)
SiO^2.....	36,45	46,72
Al^2O^3.....	2,06	8,82
Fe^2O^3.....	29,48	18,80
CaO.....	30,76	17,28
MgO.....	0,06	1,21
MnO.....	0,28	4,51
Alcalis.....	»	2,10
Pertes	0,96	0,73
	100,05	99,57

Altérations. Les grenats des cornes vertes de Cressy-sur-Somme sont parfois transformés en épidote. Le plus souvent, le grenat encore intact est englobé par de l'épidote en grandes plages à orientation homogène.

Le mélanite de Framont est parfois transformé en limonite (Alb. Müller, *Natur. f. Gesell. Basel.* 588. 1857).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Les gisements de mélanite que nous avons à étudier sont au nombre de trois.

1° Dans les calcaires paléozoïques au contact de roches éruptives;

2° Dans les schistes cristallins et les roches éruptives acides.

Dans ces deux gisements le mélanite est le plus souvent associé à de l'épidote et à des minerais de fer (magnétite).

3° Dans la syénite néphélinique.

1° *Dans les calcaires paléozoïques au contact de roches éruptives.*

Je range dans cette catégorie les grenats formés au contact du granite ou de roches plus ou moins basiques (diabases, kersantites, porphyrites). Dans beaucoup de cas, les grenats ainsi produits possèdent une composition intermédiaire entre celle du mélanite typique et du grossulaire; ce sont ceux auxquels j'ai fait allusion en décrivant ce dernier grenat. Tous possèdent généralement des anomalies optiques.

Normandie. — *Manche.* MM. Fouqué et Michel Lévy ont rapporté d'une course commune, qu'ils ont faite dans les environs des mines de fer de Dielette, des échantillons de calcaires dévoniens, modifiés par le granite. Ils renferment du grenat brun à éclat résineux formant des masses parfois très considérables; les cristaux nets sont rares; ils se présentent alors sous la forme de rhombododécaèdres.

Ce grenat se trouve, soit dans les calcaires eux-mêmes, soit dans des roches métamorphiques très denses, compactes, constituées par un mélange grenu de pyroxène et de quartz; elles sont analogues aux roches de contact désignées par Fournet sous le nom de cornes et étudiées par M. Michel Lévy dans le Beaujolais. Elles seront décrites à l'article pyroxène.

Le gisement de magnétite de Dielette est, comme ces roches, en relation avec la venue granitique.

M. Michel Lévy m'a signalé dans ces grenats des anomalies optiques du type aplome. J'ai fait tailler de petits cristaux nets, rougeâtres plus ferrugineux que les précédents et rappelant ceux de Campana décrits page 223; ils ne m'ont montré que des phénomènes de biréfringence très vagues.

Ces grenats fondent au chalumeau en un verre noirâtre non magnétique.

M. A. Richard m'a montré un échantillon qu'il a recueilli dans ce gisement et qui présente dans une fente de petits cristaux brun noir b^1 a^2 du même minéral.

Pyrénées. — J'ai dit page 219 que quelques-uns des grenats de contact du granite et des calcaires paléozoïques des Pyrénées (Hautes-Pyrénées) semblent constituer des termes de passage entre le mélanite et le grossulaire; je ne les cite ici que pour mémoire.

La collection du Muséum renferme de gros dodécaèdres brisés d'un mélanite brunâtre (à anomalies optiques du type pyrénéite) étiquetés

comme provenant de Costabenne (Pyrénées-Orientales). Ils semblent provenir d'un gisement analogue.

Plateau central. — M. Michel Lévy a décrit (*B. S. G.* 3e sér. XI. 299. 1883) les roches de contact du granite et des diabases d'un assez grand nombre de points des départements du Rhône, du Puy-de-Dôme et de Saône-et-Loire. Ces roches (cornes vertes) formées en grande partie de pyroxène, amphibole, quartz, etc., contiennent souvent du grenat brun plus ou moins foncé, qui semble appartenir au mélanite.

J'ai cité plus haut une analyse de von Lasaulx, faite sur une matière très impure de Berzet (Puy-de-Dôme); elle indique cependant, d'une façon suffisante, à quel type doit être rapporté le grenat essayé.

Fournet avait antérieurement signalé le grenat dans ces cornes vertes à Chessy, Brouilly, Montgiron (Rhône). M. Michel Lévy m'a indiqué, en outre, Cressy-sur-Somme (Saône-et-Loire) où le grenat est en partie transformé en épidote.

Ebelmen a décrit (*A. M.* 4e sér. VII. 19.) un gisement intéressant de mélanite, à environ 800 mètres N. N. O. de Lantigné près Beaujeu : je l'ai moi-même étudié (*B. S. M.* IV. 84. 1881). D'après M. Michel Lévy (*B. S. G.* 3e sér. XI. 293, 1883), il se trouverait au contact du granite et de la diabase.

Le grenat forme la gangue de la magnétite qui a fait en ce point l'objet d'anciennes recherches. Il constitue des masses cristallines, dans lesquelles on trouve des géodes, généralement remplies par de la calcite et tapissées de cristaux atteignant $1^{cm}5$. On y trouve les formes suivantes : $b^1\ a^2$; $a^2\ b^1$, a^2. Les faces a^2 sont toujours striées parallèlement à leur intersection avec b^1. Ces cristaux varient du gris jaunâtre au jaune clair, au brun et au vert. On y constate de nombreuses déformations mécaniques.

En lames minces, on les voit brisés, traversés par des filonnets de quartz secondaire. Ils sont constitués par des zones monoréfringentes et d'autres biréfringentes (*type aplome*). Une lame taillée parallèlement à b^1 (110) montre des phénomènes de biréfringence, difficiles à interpréter, ces cristaux n'étant malheureusement pas assez transparents pour être taillés en plaques suffisamment épaisses. Ils sont fragiles et se réduisent souvent en poudre par la simple pression du doigt.

Ils sont accompagnés de quartz, d'oligiste, d'oxyde de manganèse terreux, qui forment parfois une mince pellicule à leur surface.

Vosges. — C'est aussi au mélanite qu'il faut rattacher un grenat jaune clair que j'ai trouvé dans l'échantillon d'axinite du petit Donon de Rothau, décrit plus loin. Il est associé, en outre, à de l'actinote et présente des phénomènes de biréfringence énergiques, à rapporter au type de la pyrénéite autant que l'on peut en juger par des coupes faites dans une direction quelconque, les cristaux n'ayant pas de formes géométriques.

[**Alsace.**] — D'après le docteur Carrière *(Ann. Soc. d'émul. Vosges, Epinal)*, le grenat était abondant à Framont, à la mine jaune et à la mine de la Chapelle. Les cristaux brun rouge ($b^1 a^3$) y atteignaient la grosseur d'une noisette. Ils étaient accompagnés d'épidote, de hornblende, de pyrite, de calcite, de magnétite.

M. Vélain, qui a bien voulu m'en donner des échantillons, les considère comme un minéral de contact de porphyrites sur des lambeaux calcaires paléozoïques. Les échantillons que j'ai examinés sont constitués par un agrégat de cristaux associés à du pyroxène et à de la calcite. Par l'action d'un acide, on peut mettre à nu des géodes dans lesquelles les cristaux sont accompagnés de quartz et d'épidote.

Un échantillon que j'ai acheté à la vente de la collection de Delesse m'a fourni de beaux cristaux présentant les phénomènes biréfringents très nets que j'ai décrits plus haut et qui se rapportent au type pyrénéite. Ces cristaux brun rouge ou brun jaunâtre ont un centimètre de diamètre.

2° *Dans les schistes cristallins et les roches éruptives acides.*

Bretagne. — *Loire-Inférieure*. M. Baret m'a remis un échantillon de granulite des gneiss des environs de Frossay, renfermant des grains de grenat mélanite brun noir à éclat résineux, atteignant 1 centimètre de diamètre. Ils ont une forme arrondie et englobent tous les autres éléments de la roche (oligoclase, quartz). Ce grenat est brun jaune, en lames minces et ne présente pas d'anomalies optiques. Il fond en un globule noir magnétique.

Pyrénées. — *Ariège*. J'ai trouvé de jolis cristaux de grenat sur la rive droite du ruisseau d'Arnave, à peu de distance en amont du village. Des recherches ont été faites en ce point, sur un amas de magnétite, qui se trouve intercalé dans les gneiss du massif du Saint-Barthélemy.

La magnétite est accompagnée d'épidote, de grenat, de quartz, etc. Le grenat est brun noirâtre; de nombreuses cavités sont tapissées par des cristaux a^2(211) rougeâtre clair.

Dans un échantillon, j'ai recueilli de jolis cristaux noirs b^4 a^2 reposant sur de l'épidote.

Ces cristaux peu transparents en lames minces présentent des anomalies optiques très complexes semblant se rapporter au type de l'aplome.

Esterel. — *Var.* M. des Cloizeaux a signalé (*op. cit.* 274) du grenat mélanite brun rouge foncé à Collobrières dans les lentilles de magnétite des micaschistes et amphibolites dont il a été question plus haut.

3° *Dans la syénite néphélinique.*

Hautes-Pyrénées. On a vu page 228 que la syénite néphélinique de Pouzac renfermait fréquemment du grenat grossulaire ferrugineux passant au mélanite. M. Frossard m'a remis de petits dodécaèdres noirs associés au grenat jaune.

L'examen optique montre qu'ils sont constitués par un centre très foncé formé par du mélanite et une enveloppe plus claire, moins ferrugineuse. Leurs propriétés optiques ont été données page 213.

PYROPE

$Mg^3\ Al^2\ Si^3\ O^{12}$

Les grenats magnésiens que j'ai eu l'occasion d'étudier sont engagés dans des péridotites ou des serpentines et n'ont pas de formes géométriques.

Dureté. 7 (et au dessus).

Densité. 3.4 à 3.78. 3.643 (Moncaup).

Coloration. Rouge de diverses nuances, rarement noir. Le pyrope des Pyrénées est rouge jaunâtre clair. Poussière blanche.

Eclat vitreux, un peu résineux dans la cassure.

Propriétés optiques. Le pyrope est monoréfringent.

Composition chimique. Le pyrope ne possède généralement pas la composition théorique, représentée par la formule donnée plus haut; il renferme toujours une quantité plus ou moins grande d'oxyde de fer et de chaux.

[illegible]

a. [illegible] herzolite de Moncaup Lx.

b. [illegible] de Vernet, par Delesse. A. M. 4e sér. XVIII. 309.
[illegible]

c. [illegible] de Petschau, par M. Schrauf
[illegible]

d. [illegible] le pyroxène du col de Pertuis, par Delesse
[illegible]

	a	b	c	d
[illegible]	42,36	41,56	39,71	33,23
[illegible]	[illegible]	13,46	17,45	15,78
[illegible]	»	6,35	1,13	1,19
[illegible]	»	14,17	14,15	5,28
[illegible]	8,23	»	»	»
[illegible]	»	traces	0,65	1,39
[illegible]	14,23	22,00	22,91	30,76
[illegible]	5,68	4,25	4,57	1,86
Perte	»	1,58	2,99	10,21
	99,87	99,75	100,05	100,00

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fond difficilement en une perle noire non magnétique. Donne généralement les réactions du chrome.

Altérations. M. Schrauf a donné le nom de *kelyphite* à la croûte verte fibreuse que l'on observe souvent autour des grenats de certaines péridotites et serpentines.

L'examen microscopique montre que cette substance n'est pas un minéral spécial, mais généralement de l'amphibole fibreuse ou un mélange d'amphibole et de feldspath.

J'ai trouvé de beaux exemples de *kelyphite* dans les filonnets pegmatoïdes qui traversent la lherzolite de Prades, de Lherz (Ariège), de Moncaup (Haute-Garonne).

A Lherz, on voit le grenat fissuré, corrodé et en quelque sorte noyé dans des plages d'un feldspath triclinique basique rempli de petites aiguilles (rectilignes ou creusées de cavités) d'amphibole d'un vert très pâle. Ces cristaux d'amphibole sont généralement disposés normalement à la surface du grenat ; ils deviennent parfois extrêmement nombreux, s'enchevêtrent et donnent naissance à de véritables fibres entrelacées. Quand le grenat est entouré par du pyroxène, il arrive souvent que l'amphibole en contact avec ce minéral s'oriente cristallographi-

quement sur lui. Dans quelques échantillons, le grenat est intimement associé à du spinelle vert qui semble en partie ancien, en partie récent.

A Prades, l'amphibole est généralement disséminée dans une matière colloïde verdâtre.

Des phénomènes du même genre s'observent autour du grenat des lherzolites de Moncaup dont l'analyse a été donnée plus haut : la croûte périphérique est souvent visible à l'œil nu. Les cristaux d'amphibole y sont plus grands que dans les gisements ariégeois (fig. 28). Les péridotites serpentinisées des Vosges présentent aussi très fréquemment des phénomènes de kelyphite qui ont été étudiés par Delesse et par M. Schrauf.

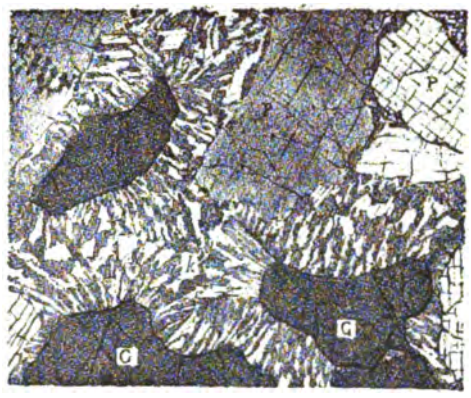


Fig. 28.

Grenat pyrope (*G*) entouré d'une auréole (*k*) d'amphibole et de feldspath. Ce grenat est englobé dans du pyroxène (*p*). — (Lherzolit e de Moncaup).

J'ai pu en étudier une belle série recueillie par Delesse et par M. Vélain. Dans beaucoup de cas, la couronne de kelyphite est uniquement formée d'amphibole en fibres entrelacées, extrêmement fines; souvent même il ne reste plus trace du minéral primitif (fig. 29).

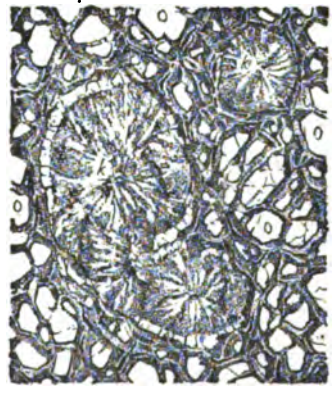


Fig. 29.

Grenat transformé en amphibole fibreuse (kelyphite) dans péridotite en voie de serpentinisation (Sainte-Sabine, Vosges).

Dans d'autres cas, la transformation est plus complexe. On trouve dans la serpentine de petits globules rosés que l'on peut prendre au premier abord pour du grenat frais, mais qui, examinés au microscope, ne montrent que peu ou pas du tout de ce minéral. Celui-ci est transformé en partie en amphibole fibreuse et en partie en un mélange d'enstatite, de spinelle brunâtre et d'amphibole jaune pâle ou incolore, accompagnés souvent d'un peu de

biotite et de pyroxène. La fig. 30) représente un de ces grains de grenat transformé. Il existe de très nombreuses variations dans leur structure et leur composition minéralogique. les divers minéraux qui viennent d'être énumérés existant tantôt séparément, tantôt associés.

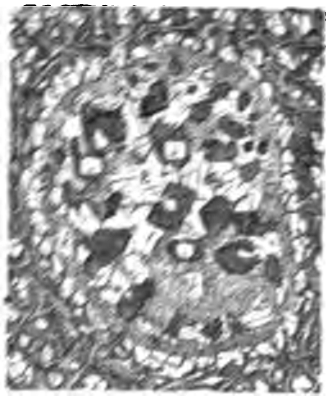


Fig. 30.
Grenat transformé en un mélange d'enstatite (E) et de spinelle (S). En bas, il reste un petit fragment de grenat présentant la transformation en kelyphite (K). (Lame mince d'une péridotite recueillie entre la vallée de Granges et l'Hampré, Vosges).

En présence de ces faits, les analyses de Delesse citées plus haut ne doivent être considérées que comme représentant la composition chimique du mélange des minéraux qui viennent d'être énumérés. Elles expliquent la cause de la densité et de la dureté trop faibles, signalées par cet auteur.

Delesse a décrit au col de Pertuis près Liesey des pseudomorphoses de pyrope en chlorite. Elles se produisent sans doute suivant le mode décrit à l'ocasion de l'almandin; je n'ai pas eu l'occasion de les observer moi-même. (Analyse *d*).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le pyrope est le grenat que l'on rencontre dans les péridotites et dans les serpentines qui en dérivent.

Pyrénées. — *Haute-Garonne.* La lherzolite serpentinisée de Moncaup et d'Arguénos renferme des accidents minéralogiques, constitués par du diallage et de gros grains du grenat rouge jaunâtre clair dont j'ai donné l'analyse plus haut.

Les grains de grenat peuvent atteindre 1^{cm} de diamètre; ils sont généralement très brillants, entourés d'une auréole nette de kelyphite toujours très mince, mais cependant visible à l'œil nu.

Ariège. J'ai rencontré le grenat, très abondant en petits grains rougeâtres de quelques millimètres de diamètre, dans les filonnets pegmatoïdes perçant la lherzolite de Prades et plus rarement celle de l'étang de Lherz. Les transformations en kelyphite sont généralement peu développées, mais existent toujours; tantôt il y a beaucoup de feld-

spath récent (Lherz) et tantôt il n'y en a pas (Prades). A l'étang de Lherz, le grenat forme des grains irréguliers, moulant tous les autres éléments de la roche.

Vosges. — Les péridotites (lherzolites et surtout dunites), plus ou moins serpentinisées, des Vosges, renferment en assez grande quantité des grenats atteignant 2 cm de diamètre. Ils sont très rarement intacts et généralement transformés, soit en amphibole fibreuse, soit en un mélange d'amphibole, de spinelle brun, d'enstatite et des divers minéraux énumérés plus haut à l'article « *Altérations* ».

Delesse a décrit (*op. cit.*) ces grenats et leurs pseudomorphoses, sans toutefois déterminer la nature des minéraux récents, sauf dans le cas de la serpentine du col de Pertuis où il a analysé des pseudomorphoses chloriteuses.

Il a cité les gisements suivants comme très grenatifères : Sainte-Sabine, Charme, La Mousse, Le Goujot, Eloyes, Liesey, Narouel, Naymont, les Arrentées-de-Corcieux, Champdray, Hazintrey, Tholy, Jussarupt, Houx, les Xettes.

Plus tard, M. Schrauf a analysé un grenat de Pétempré entièrement transformé en kelyphite (*Z. K.* VI. 363) et von Lasaulx a étudié des transformations du même genre dans la serpentine du col de Pertuis (*Niederrh. Gesell. Bonn.* 1882. 114).

Les échantillons que j'ai eu l'occasion d'étudier sont presque entièrement transformés. Ils proviennent en partie de la collection même de Delesse. Les fig. 29 et 30 représentent les pseudomorphoses de ces grenats, recueillis par Delesse, l'un à Sainte-Sabine, l'autre entre de Granges et Pétempré (lieu-dit de la commune de Granges, situé sur la route de Gérardmer).

ALMANDIN

$Fe^3\ Al^2\ Si^3\ O^{12}$

Formes observées. b^1 (110), a^2 (211).

Faciès des cristaux. Les faces b^1 et a^2 sont parfois striées parallèlement à leurs intersections mutuelles.

Clivages. Le clivage b^1 (110) est généralement peu net et toujours

interrompu : quelques variétés présentent trois clivages rectangulaires suivant *p* (100).

Coloration. Rouge de diverses nuances, variant depuis le rouge noir jusqu'au rouge violacé; les cristaux, toujours transparents en lames minces (et alors à peine teintés en rose) sont parfois transparents sous une épaisseur de plusieurs millimètres. Poussière blanche.

Eclat vitreux.

Propriétés optiques. Tous les almandins que j'ai examinés sont monoréfringents. J'ai mesuré les indices de réfraction suivants sur un prisme taillé dans un cristal transparent de Barbin.

$$n \begin{cases} \text{Na} & 1{,}8122 \\ \text{Li} & 1{,}8051 \end{cases}$$

Composition chimique.

Analyse :

a) de l'almandin de Nouvelle-Calédonie par Liversidge (*Roy. Soc. N. J. Wales.* 1er sept. 1880).

b) de l'almandin de Saint-Philippe (Sainte-Marie-aux-Mines), par le Dr Carrière (*Ann. Soc. d'émul. Vosges.* VIII. 143. 1853).

	a)	*b*)
SiO^2.....	38,15	41,00
Al^2O^3.....	22,18	22,15
FeO	21,26	12,35
MnO	77,8	traces
CaO.....	5,54	19,58
MgO.....	4,78	4,92 (diff.)
Perte au feu....	0,31	» »
	99,96	100,00

Essais pyrognostiques. Facilement fusible au chalumeau en un globule noirâtre ou noir plus ou moins magnétique. Très difficilement attaquable par les acides ; attaqué par eux (avec gelée) après calcination.

Altérations. J'ai eu l'occasion d'observer deux sortes de modifications du grenat almandin.

1° *Altération par actions secondaires.* Ces modifications sont de deux espèces ; elles consistent dans la transformation progressive du grenat en chlorite ou en épidote.

La transformation en chlorite est la plus fréquente ; elle s'observe

dans un très grand nombre de gisements ; les grenats verdissent, leur dureté et leur densité diminuent. Quand on les examine en lames minces, on constate qu'ils sont fissurés dans tous les sens et qu'ils sont de place en place, remplis par une chlorite verte du groupe de la pennine, très polychroïque et généralement à un axe positif. Assez souvent, le grenat est complètement transformé et il n'est plus possible de le reconnaître que par les formes extérieures des pseudomorphoses.

La transformation en épidote s'opère de la même façon ; je l'ai observée notamment dans les éclogites de Bouvron (Loire-Inférieure) où les grenats sont parfois entièrement remplacés par un agrégat de petits grains d'épidote n'ayant aucune relation optique les uns avec les autres.

2° *Transformation sous l'action des roches volcaniques.* Ces transformations se rencontrent dans les grenats des gneiss ou granulites enclavés par les roches volcaniques basaltiques. Le grenat subit alors une fusion plus ou moins complète, suivie de la recristallisation du verre résultant. Ces recristallisations consistent en spinelle vert et en hypersthène. Tantôt ces deux minéraux sont disposés d'une façon quelconque par rapport au grenat intact, tantôt, au contraire, ils se groupent autour de lui, formant des couronnes qui rappellent la kelyphite (fig. 31). Le spinelle se dispose alors sous forme cristallique, donnant naissance à de délicats édifices, constitués par l'empilement d'octaèdres. Il est englobé par l'hypersthène qui affecte aussi parfois des formes chondritiques.

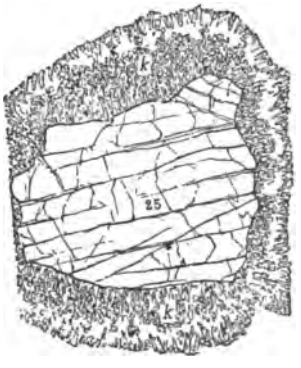


Fig. 31.
Coupe mince de grenat (25), présentant la transformation périphérique en spinelle et hypersthène. (Enclave gneissique de la brèche basaltique du Rocher Saint-Michel, au Puy.)

Ces transformations s'observent souvent dans les enclaves basaltiques du Velay et particulièrement dans celles des environs du Puy.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le grenat almandin est rare dans le granite, très abondant dans les granulites, les pegmatites, ainsi que dans les gneiss, micaschistes et

schistes granulitisés. Il est également fréquent dans les amphibolites et constitue un élément essentiel des éclogites. Plus rarement, il s'observe dans les schistes paléozoïques, modifiés par le granite.

Dans toutes ces roches, le grenat se présente avec les mêmes formes b^1 (110) et a^2 (211), seules ou associées (je n'ai jamais trouvé que le dodécaèdre dans les éclogites) ; aussi ne séparerai-je pas ces gisements les uns des autres et les étudierai-je dans un même paragraphe.

Dans les granulites et les roches modifiées par elles, la tourmaline, parfois la cordiérite sont souvent associées au grenat.

Dans les micaschistes, ce minéral est un satellite habituel de la staurotide, du disthène, de l'andalousite ; il y est beaucoup plus abondant que ces derniers.

Enfin, on rencontre l'almandin dans les sables de toutes les régions constituées par les roches grenatifères qui viennent d'être énumérées.

Les gisements de grenat sont plus nombreux encore que ceux de tourmaline et partout où l'on trouve des schistes cristallins ou des granulites, on est presque sûr de le rencontrer ; aussi me contenterai-je de signaler les points qui se recommandent par l'abondance ou la netteté des cristaux de ce minéral.

Normandie. — *Orne*. M. Le Tellier m'a signalé des cristaux rouge groseille de grenat dans la granulite à grains fins de Condé-sur-Sarthe près Alençon.

Bretagne. — Le grenat se rencontre dans presque tous les filons de granulite (*pegmatite*, *aplite*) de Bretagne. Les cristaux sont généralement plus petits et d'un rouge plus pâle que ceux des schistes métamorphiques. Je citerai quelques gisements plus particulièrement intéressants.

Ille-et-Vilaine. M. Vélain m'a signalé de gros cristaux de grenat à l'anse des Métairies, près Saint-Enogat, dans les pegmatites.

Côtes-du-Nord. Les pegmatites de Saint-Jacut de la Mer renferment de gros cristaux d'almandin $b^1\ a^2$ (110) (211), atteignant plusieurs centimètres de diamètre. Ils sont accompagnés de tourmaline.

Finistère. Les granulites de Siec, près Roscoff, sont très riches en jolis grenats rouge groseille (a^2). M. Barrois m'a signalé également à ce point de vue un filon de granulite que l'on peut observer de Goulier à Plouaré.

Les micaschistes granulitisés de Port Léogan, dans la baie du

Conquet, contiennent d'énormes cristaux, b^1 a^2, de grenat rouge accompagnant la staurotide. On en rencontre d'analogues au cap Coz près Concarneau.

Le grenat almandin est assez abondant dans deux bandes d'amphibolites, de pyroxénites et d'éclogites que m'a signalées M. Barrois; l'une au S. du Finistère passe à Peumérit, Trioyet, l'autre au N. du département s'étend de Guisseny à Plouider, Plounevez. J'ai décrit les roches de ces derniers gisements : *B. S. M.* 1889 et *Bull. Soc. Nat. Ouest.* I. 109. 1891. A Gerscao en Plounevez, les grenats de l'éclogite sont entourés d'amphibole, distribuée d'une façon régulière à la manière de la kelyphite des serpentines (fig. 32).

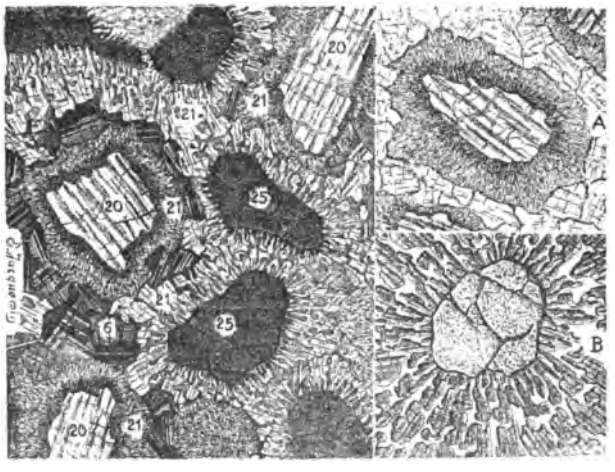


Fig. 32.

Grenat (25) entouré d'une couronne d'amphibole et de feldspath triclinique dans éclogite de Gerscao-en-Plounevez. La roche renferme, en outre, du pyroxène (20) se transformant de la même façon en amphibole et en feldspath; (en *A*, transformation du pyroxène et en *B* du grenat). Lame mince vue en lumière polarisée parallèle.

Le grenat s'observe en outre, en cristaux a^2 rouges et transparents, dans des schistes siluriens à staurotide et andalousite de Forges-Neuves étudiés page 10. M. Barrois me l'a signalé aussi dans les schistes et les grès dévoniens au contact du granite dans les environs de Morlaix. M. Munier-Chalmas m'a remis une série d'échantillons parmi lesquels on rencontre quelques bons cristaux b^1.

Morbihan. Les micaschistes et les granulites de la vallée de l'Evel

et de la bande schisteuse s'étendant de Baud à Locminé renferment d'énormes cristaux d'almandin ; on peut citer notamment à cet égard les environs de Baud, de Kérival, la Haie-Haute (le Hayo), Treblavet, Téléné, Lindivic, Kerandun, le rocher du Roho, Kerguero près Plumelin (cristaux atteignant la grosseur du poing), Saint-Allouestre, etc. Dans ces gisements, la face dominante est le trapézoèdre a^2 (211), souvent accompagné du dodécaèdre qui existe parfois seul (Saint-Allouestre).

A la Corderie en Peaule, on trouve d'énormes cristaux rouge violacé, assez transparents. Ils sont engagés dans un micaschiste très granulitisé presque exclusivement composé de muscovite p (001) m (110), accompagnée d'apatite verte.

A la Roche-Bernard, l'almandin se rencontre en gros trapézoèdres dans les granulites (près du pont, sur la rive gauche de la rivière), ainsi que dans les éclogites (b^1). Le grenat des gneiss granulitiques de la baie de Penboc'h près Vannes, accompagnant la sillimanite, ne se présente généralement pas en cristaux nets. Le même minéral s'observe dans les gneiss, les amphibolites, les granulites d'un grand nombre de points de la côte et notamment à Billiers.

Les micaschistes de l'île de Groix sont très grenatifères ; quelques-uns renferment des cristaux atteignant 3^{cm} de diamètre. Dans les amphibolites à glaucophane, se trouvent souvent des rhombododécaèdres rouge foncé fort nets. Ces cristaux sont riches en inclusions de quartz et de rutile.

Enfin, M. Barrois m'a indiqué l'existence du grenat dans les schistes siluriens, modifiés par le granite de Kéraudic en Plélauff, d'Elven, etc.

Dans toute cette région, les sables des rivières ou de la côte sont extrêmement riches en petits grains de grenat provenant de la démolition des roches précédentes.

Loire-Inférieure. Les environs immédiats de Nantes sont riches en beaux cristaux de grenat qui ont été signalés par Dubuisson et par M. Baret (*op. cit.*, 40), dans la collection duquel j'ai pu les étudier.

Les micaschistes de la carrière du Pont du Cens ont fourni en grande abondance des cristaux rouge foncé, translucides, plus rarement rouge cerise et transparents, b^1 a^2. Ils atteignent parfois $1^{cm}5$ de diamètre, et se détachent très facilement de leur gangue. Dans la carrière du Petit-Port, les grenats ont la même forme, mais ils sont brun rougeâtre. La collection du Museum renferme des cristaux

analogues accompagnant l'andalousite dans les micaschistes des Douves Saint-Nicolas, à Nantes.

M. Baret a trouvé dans la carrière de Barbin un lit mince d'une chlorite d'un beau vert sombre (un axe négatif), empâtant de grands cristaux b^1 (110) avec quelquefois a^2 (211), d'almandin rouge groseille ; les petits cristaux sont assez transparents pour que j'aie pu en faire tailler un prisme qui m'a servi à la mesure de l'indice donné plus haut. Ces cristaux sont quelquefois aplatis suivant une face b^1.

Les micaschistes de Fay et de Bouvron renferment de gros grenats, généralement arrondis. Dans ce dernier gisement, ils sont parfois lardés de cristaux de disthène.

L'almandin est abondant dans les granulites d'Orvault, du Pouliguen (pegmatite), de Clis près Guérande, de la Jonnelière, du Chêne-Vert en Saint-Herblain (b^1) ; du Mont-Goguet près Nantes, etc.

Les gneiss à pyroxène de la Ramée près Saint-Viaud sont, par places, riches en grenat ; non loin de là, dans la carrière de la Ménageraie, j'ai trouvé (*B. S. M.* 1889 et *Bull. Soc. sc. nat. Ouest* I. 205. 1891), au milieu des gneiss, de petits lits rouges qui, au microscope, se montrent constitués par de l'oligoclase grenue, du quartz englobant du grenat rose, du spinelle vert, de l'amphibole, disposés avec le feldspath à la façon de la pegmatite graphique.

Le grenat est également abondant dans les gneiss à pyroxène de la Chaterie en Saint-Herblain, de Port-Saint-Père et de Migron en Frossay.

Enfin, il y a lieu de signaler comme gisement intéressant de grenat, les éclogites qui sont abondantes dans la Loire-Inférieure. Je les ai décrites récemment (*Bull. Soc. sc. nat. Ouest.* I. 81. 1891) et j'ai fait voir qu'elles constituent deux bandes situées l'une au nord, l'autre au sud de la Loire. Dans la première, on peut observer le grenat à Bouvron, Fay, Héric, Saint-Mars-du-Désert, au Cellier, à Liré (rive gauche de la Loire, département du Maine-et-Loire) ; dans la seconde, à Saint-Philbert de Grand-Lieu (Chiron et Piedpain), à Saint-Colombin, Saint-Etienne-de-Corcoué. Cette bande se prolonge dans le département de la Vendée à Rocheservière, à la Chevrottière en Saint-André-Treize-Voies, Saint-Denis, etc.

Dans toutes ces éclogites, le grenat varie de dimension de 1^{cm} à $0^{mm}10$. Quand il présente des formes nettes, on observe toujours le rhombododécaèdre, mais souvent les cristaux sont arrondis ; l'examen

microscopique fait voir qu'ils sont criblés de cavités remplies par du quartz, de l'amphibole, du pyroxène. Ils renferment des inclusions de rutile, de sphène, d'ilménite. Leur couleur est le rouge plus ou moins foncé, le centre des cristaux est souvent plus foncé que la périphérie. A Bouvron, j'ai observé la transformation en épidote décrite plus haut.

Enfin, les sables des côtes de la Loire sont parfois extraordinairement riches en grenat.

Maine-et-Loire. M. L. Bureau m'a indiqué l'existence du grenat dans les micaschistes des environs de Drain en petits rhombododécaèdres roses b^1 (110). Ce minéral n'est pas rare dans cette région, mais les cristaux ne sont jamais très beaux. J'ai signalé plus haut le grenat des éclogites de Liré.

Mayenne. Je dois à l'obligeance de M. Œhlert l'indication de l'existence du grenat dans le granite de la Bazouge des Alleux et dans la brèche pétrosiliceuse de Sainte-Suzanne.

Vendée. J'ai signalé plus haut les gisements d'éclogites de Saint-Denis, Rocheservière, la Chevrottière, qui renferment en abondance du grenat. On le trouve aussi dans les granulites et les sables de l'île de Noirmoutiers.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées.* Les granulites du massif du Labourd sont localement grenatifères; celles du tunnel de Cambo m'ont fourni de gros cristaux, accompagnant la sillimanite et la cordiérite.

Charpentier (*op. cit.*) a signalé le même minéral entre Hélette et Mendione, et à la montagne d'Ursoviamendia. Je l'ai observé dans les schistes micacés à staurotide du Mont Baygoura, au sud du Labourd.

Hautes-Pyrénées. Les granulites à tourmaline de la montée du lac Bleu par Chiroulet renferment beaucoup de jolis grenats a^2, $a^2\ b^1$. Ces grenats sont souvent groupés et s'entrepénètrent. L'examen microscopique montre qu'ils sont fréquemment transformés en chlorite. On retrouve en abondance cette granulite à l'état erratique dans la vallée de Lesponne. Des grenats analogues se trouvent dans divers points du massif du pic du Midi de Bigorre et notamment à la montée du Pic, au dessus de l'hôtellerie.

Sur la route de Gèdres à Héas, on recueille des granulites presque entièrement constituées par des grenats atteignant 2 mm de diamètre pressés les uns contre les autres et plus ou moins arrondis; ils présentent les formes a^2, $a^2\ b^1$. Ces roches sont éboulées de la

montagne de Coumélie. On y trouve également des granulites à plus grands éléments dont les grenats atteignent 1 cm de diamètre. Ils ont la forme a^2 b^1 et présentent une structure fort curieuse; ils sont en effet constitués par des lamelles superposées dont l'ensemble rappelle les célèbres figures de décroissement d'Haüy. Charpentier signale aussi des grenats près de Gavarnie, sur le chemin du port de Boucharo.

Je dois à l'obligeance de M. Gourdon de très beaux cristaux d'almandin rouge noir qu'il a recueillis dans les schistes micacés du Petit Pic Pétard. Ils présentent les faces b^1 a^2, atteignent 1 cm 5, et sont remarquables par leurs déformations mécaniques; ils sont en effet parfois très aplatis dans une direction quelconque. A la base du même pic, au col d'Aigues Crucès, ainsi qu'au lac Caillouas, se trouvent de très jolis cristaux du même minéral (cristaux a^2 b^1 d'un rouge très vif, dans schiste micacé).

Haute-Garonne. Le grenat se rencontre dans les granulites et les schistes micacés du vallon de Burbe (chemin de Portillon près Bagnères-de-Luchon (M. Caralp), dans ceux de Clarabide (b^1 a^2), du pic Crabioules, de la vallée du Lys, dans ceux du Pont de Mousquères près Luchon (beaux cristaux b^1 rouge foncé), de Castel-Viel [1] (beaux cristaux rouges de 1 cm de diamètre dans schiste micacé. M. Gourdon), de Superbagnères (cristaux b^1, quelquefois aplatis et engagés dans un chloritoschiste), des environs du port d'Oo (cristaux b^1 de 1 cm de diamètre).

Ariège. M. Caralp m'a signalé le grenat dans les granulites et gneiss granulitiques du chemin conduisant de Sentenac au Col de la Quorre.

Je l'ai observé dans un grand nombre de points et notamment aux environs d'Ax et à Montoulieu, dans les pegmatites (b^1), à Arignac sur le bord de l'Ariège (rive gauche) et en face du pont du chemin de fer; dans le massif du Saint-Barthélemy, dans les granulites du col d'Aigotorto (avec béryl), du chaînon nord du pic du Han (avec tourmaline, andalousite, etc), aux environs de Calchax et de Saint-Conac (dans gneiss et granulite), etc.; dans le massif du pic des Trois-Seigneurs, à l'Etang Blaou. Dans tous ces gisements, les cristaux sont rarement beaux.

Charpentier rapporte (*op. cit.*) que Picot de Lapeyrouse a recueilli des

1. Pendant la correction de ces épreuves, M. Gourdon m'a communiqué de très jolis petits cristaux de *staurotide*, simples ou maclés suivant (232), recueillis dans les schistes micacés de ce gisement que j'ai signalé page 13 comme ne donnant que de mauvais échantillons de ce minéral.

grenats dans la roche micacée des environs du port de Paillières, près Mijanès, au N. O. de Quérigut. Dans ce gisement, je n'ai trouvé que rarement l'almandin dans les schistes (dévoniens, d'après M. Roussel), modifiés par le granite et intercalés dans les calcaires riches en grossulaire étudié page 224.

Pyrénées-Orientales. M. Deperet m'a signalé de beaux grenats dans la granulite du château de Coladroy, au nord de Ille-sur-Tet et au pic de Costa-Bona, près la Preste (vallée du Tech). Boubée en a autrefois indiqué dans le gneiss à la Coume del Cabail Mort, au dessus de Saint-Martin-du-Canigou.

Montagne Noire. — *Tarn.* De Boucheporn (*op. cit.*) a signalé des cristaux de grenat dans les granulites de Brassac. On rencontre en outre ce minéral dans un grand nombre de points de la Montagne Noire et particulièrement dans ceux qui ont été énumérés au sujet de la tourmaline.

Plateau central. — *Aveyron.* M. Bergeron m'a signalé l'almandin dans les gneiss de Najac, Monestier, Arvieu, dans les amphibolites et pyroxénites de ce dernier gisement, etc.

Ardèche. Un des plus beaux gisements de grenat que nous ayons à signaler en France est celui de Jaujac non loin de Vals ; les cristaux, présentent la forme b^1 (110) ; ils sont d'un beau rouge et, d'après les indications de M. Garreau, ils se trouvent dans des micaschistes, sur la rive droite du ravin de Rieucla, près du hameau des Blachies. Le frère Euthyme et M. de Fréminville m'ont communiqué des cristaux de ce gisement qui mesurent $3^{cm}5$ de diamètre.

Le même minéral se rencontre à Entraygues.

Haute-Loire. L'almandin est très abondant dans les granulites de Pradelles, Limandre, Saint-Privat-d'Allier. M. Boule m'en a montré de de jolis cristaux $a^2\,b^1$, provenant du tunnel de Fix. Ils sont transparents et atteignent 6 à 8^{mm} de diamètre ; ils sont accompagnés de tourmaline, de cordiérite, etc.

Le grenat est abondant dans les gneiss granulitiques, enclavés dans les projections basaltiques des environs du Puy et particulièrement aux rochers Saint-Michel, Corneille, à Taulhac, Bilhac, Sainzelle (Pascal, *Et. géol. du Velay*, 401. 1885). Ils y sont associés à la cordiérite et à la sillimanite, et présentent souvent les phénomènes de fusion et de transformation en hypersthène et spinelle qui ont été décrits plus haut (fig. 31).

M. Boule m'a remis des échantillons de gneiss granulitiques ou de granulites qu'il a recueillis dans les tufs basaltiques de Bournac. Ils sont extrêmement riches en petits grains de grenat rouge violacé, associés au diaspore que j'ai décrit dans ce gisement.

Enfin, dans les ruisseaux de cette région et particulièrement dans celui du Riou-Pezzouliou à Espaly, les grenats en gros cristaux b^1 (110) et a^2 (211) souvent roulés ne sont pas rares.

Cantal. Dans beaucoup de granulites, gneiss granulitiques (Menet, Massiac, etc.), dans les micaschistes à muscovite des environs de Carlat et notamment au bois de la Bessaillade à Celles.

Les tufs basaltiques des environs de Murat renferment des fragments de granulite très grenatifère.

Corrèze. M. de Launay m'a signalé des grenats très abondants dans les gneiss des carrières du Mulatet, dans la presqu'île formée par la Corrèze en face du débouché du vallon de Poissac près de Tulle, ainsi qu'aux environs de La Chapelle-Saint-Géraud, sur la route d'Argentat à Beaulieu; dans ce dernier gisement, ils accompagnent le disthène.

D'après les indications que m'a fournies M. Mouret, le grenat serait très fréquent dans les micaschistes et les gneiss de la Corrèze sans qu'aucun gisement se recommande spécialement par la beauté des cristaux.

Haute-Vienne. Abondant dans les granulites entre Chalus et Rochechouart.

Creuse. D'après les renseignements que m'a donnés M. Glanjeaud, les granulites à cordiérite des environs de Bourganeuf, les gneiss de Rapissat près Saint-Didier sont riches en grenat.

M. Gautier m'a signalé de bons cristaux $a^2 b^1$ d'almandin dans les granulites de Chambon-sur-Voueize.

Puy-de-Dôme. Ce minéral est fréquent dans les micaschistes à Barbecot près Pontgibaud; on le trouve à Servant, à Arlane dans les granulites et pegmatites.

Lecoq a signalé (*Epoq. géol.* I. 345) de gros cristaux de grenat dans un bois de sapins au dessus de Chennaille (Saint-Amand-Roche-Savine). M. Gonnard en signale aussi (*op cit.*) dans un ruisseau voisin, dit *Carcasse*; la collection de l'École des Mines possède des cristaux a^2 d'almandin rouge, atteignant 3^{cm} de diamètre qui semblent provenir de ce gisement.

M. Gautier a appelé mon attention sur de jolis cristaux (a^2) de la grosseur d'un pois qui accompagnent la tourmaline dans une pegmatite à muscovite en filon au nord-ouest du Puy-d'Alloix (près Saint-Amand-Tallende et non loin du gisement célèbre de barytine de la Côte-d'Abot). Le même minéral se rencontre dans les gneiss à cordiérite de Royat, etc., et dans ceux qui s'observent en enclaves dans les trachytes du Capucin au Mont-Dore. Ces gneiss sont en partie résorbés et le grenat inattaqué reste souvent en saillie dans les cavités de l'enclave, partiellement remplie par des minéraux récents (*tridymite*, *orthose*, *hypersthène*).

Je dois à l'obligeance de M. Gonnard un échantillon d'éclogite de Pinnatelle près Ardes dans lequel les grenats présentent au microscope une zone d'amphibole vermiculée, rappelant celle des éclogites du Finistère, signalées plus haut.

D'après Lecoq, le même minéral se rencontre dans une roche porphyrique de Murat (canton de Pionsat). Quant au grenat almandin signalé par Lecocq et Bouillet dans les trachytes de plusieurs puys et notamment dans celui du puy Poulet ou de La Croix-Morand, il n'existe certainement pas. La substance prise pour du grenat par ces auteurs était probablement du feldspath fendillé et imprégné d'oxyde de fer; les échantillons de ce genre ne sont pas rares en Auvergne.

Allier. M. de Launay indique (*B. S. G.* 9e sér. XV. 12. 1886) l'existence du grenat dans les granulites du massif de Commentry, de Mazelle (avec sillimanite et cordiérite), à l'étang de la Côte, au sud du massif de Fonbonne (avec cordiérite et tourmaline), sur le bord ouest de l'Etang de Bourbon-l'Archambault; enfin dans les micaschistes de Durmignat.

Loire. Grüner a signalé (*Description de la Loire*. 1857), l'existence de jolis petits grenats dans une granulite entre Montbrison et Boërn à 500^m ouest du cône basaltique de Marcilly, ainsi qu'au lieu dit Le Puy près de Sorbier, dans la vallée d'Ozon.

Le grenat est fréquent dans les nodules de granulite des gneiss de la Croix-Montvieux (avec tourmaline et sillimanite). On le rencontre en gros cristaux a^2 (211) dans les pegmatites du Mont-Pilat.

Rhône. Les gneiss et granulites du Rhône sont riches en grenat; on peut citer quelques gisements dans lesquels les cristaux sont parti-

culièrement nets et gros : Roche-Cardon, gros cristaux a^2, rouge groseille, avec apatite dans pegmatite; Ile-Barbe, cristaux de 2^{cm} moulant le quartz et le feldspath et accompagnant le béryl (Gonnard) dans des glandules feldspathiques des gneiss; Francheville, Arbuzy, Brignais (a^2, rouge groseille), Riverie, Moulin-du-Barret à Chaponost (cristaux rouge groseille transparents de 1^{cm}) (Briffandon *Ann. Soc. lin.* I. 1836).

M. Riche a indiqué (*Ann. Soc. Lin. Lyon.* 1887. 13-41) les pegmatites de Bel-Air près Francheville, de Pierre-Blanche près Orliénas, les gneiss granulitiques de Saint-Laurent-d'Agny et de Saint-Vincent-d'Agny comme riches en almandin.

Saône-et-Loire. La région gneissique du Morvan renferme un grand nombre de filons de pegmatite grenatifère. Quelques-uns d'entre eux fournissent de superbes cristaux de grenat.

On peut citer spécialement ceux de Marmagne, de Saint-Symphorien-de-Marmagne, Broye, Mesvres et ceux des environs immédiats d'Autun (parc de Montjeu).

Les cristaux d'almandin ont fréquemment la taille d'une noix; ils sont d'un beau rouge foncé; la forme dominante est a^2 (211) avec souvent b^1 (110) généralement très réduite, bien que j'aie recueilli des cristaux dans lesquels ces deux formes sont également développées. Ils sont accompagnés de très gros cristaux de béryl et de tourmaline.

M. Michel Lévy a signalé (*B. S. M.* VI. 329. 1883) des cristaux b^1 (110) de grenat provenant de Champroud et de Runchy, près Mesvres, atteignant 8^{cm} de diamètre. Ils sont remarquables par l'abondance des grains de quartz qu'ils englobent et qui y sont disposés à la façon d'une pegmatite graphique. Les granulites et gneiss granulitiques de cette région renferment très souvent des cristaux de grenat de petite taille.

Les amphibolites sont aussi parfois riches en grenat (Marmagne, Villeneuve-en-Montagne).

Jura. — Ogérien indique (*Hist. nat. du Jura*, I. 325. 1865) l'existence du grenat au N.-E. de Dôle, dans les gneiss de La Serre-des-Moulières (sur la croupe Est de la montagne).

Vosges. — On trouve le grenat almandin dans les granulites et les gneiss granulitiques de Ranfaing près Remiremont, de Lusse (D^r Carrière, *Ann. Soc. d'émul.* Vosges. VII. 140. 1853), de la Beheuille, de l'Etang-d'Huchère; dans les micaschistes de Lubine.

[**Alsace**]. — Il est abondant dans les gneiss de la région de Sainte-Marie-aux-Mines et particulièrement dans ceux de Saint-Philippe, en énormes cristaux (a^2, a^2 b^1) rouges. Ces grenats se transforment souvent en chlorite; ils possèdent des clivages cubiques (Delesse et Dr Carrière, *op. cit.*)

Alpes. — *Isère*. Les micaschistes de Saint-Symphorien-d'Ozon renferment des grenats parfois assez gros, mais n'ayant pas de formes nettes. On en rencontre aussi dans les micaschistes des environs de Chalanches près Allemont, et dans les chloritoschistes du massif de Belledonne.

Maures. — *Var*. Le grenat est très abondant dans tous les micaschistes à minéraux des Maures et particulièrement dans les gisements cités à l'occasion de la staurotide, de l'andalousite et du disthène (La Verne, Collobrières, le col de Grateloup, entre La Molle et Bormes, etc.

Le même minéral est également abondant dans les amphibolites de cette région (Sainte-Maxime). Les cristaux sont généralement arrondis et les formes nettes sont rares.

Corse. — J'ai eu l'occasion de voir plusieurs échantillons de granulite de Corse renfermant de petits cristaux (a^2) de grenat almandin, mais je n'ai pu recueillir aucun renseignement sur leur gisement précis.

Algérie. — *Alger*. M. Renou a indiqué (*Explor. sc. de l'Algérie*, 71. 1848) des cristaux (a^2) de grenat almandin dans les granulites du fort Bab-Azzoun et de divers autres points des environs d'Alger: ils y sont accompagnés de tourmaline.

Constantine. Le grenat almandin est abondant dans certains schistes micacés du massif d'Edough et des environs immédiats de Bône.

M. Renou (*op. cit.* 56. 1848) signale, à 1500m N.N.O. de la ville, des schistes micacés renfermant des cristaux (b^1) de grenat de la grosseur d'une noisette. Le même minéral accompagne souvent dans les environs de la ville la staurodite et l'andalousite [1].

1. J'ai pu recueillir quelques renseignements sur les minéraux de ce gisement depuis l'impression de mes premières feuilles.

Staurotide. Les staurotides signalées p. 15 aux environs de Bône se trouvent associées aux grenats dont il est question ici. Les cristaux noirs, très brillants, présentent les formes *m* (110), g^1 (010), a^1 (101) (Renou, *op. cit.* 57).

Andalousite. L'andalousite que j'ai signalée p. 49 est souvent associée aux stau-

Il existe aussi des couches de grenat et de pyroxène (notamment au fort de la Kasbah), associées à des bancs calcaires et à des minerais de magnétite. Les cristaux y présentent en général la forme a^2. (Voir aussi Parran. *B. S. G.* 511. 1883.)

La richesse en grenat des roches de cette région est assez grande pour donner aux sables de la plage, en certains points, la couleur rouge foncé de ce minéral.

Madagascar. — Le grenat semble être très abondant dans les schistes cristallins et les granulites de la province d'Imérina.

M. Grandidier me l'a signalé comme se trouvant en grande quantité dans les environs d'Antananarivo et dans cette ville même, au quartier dit Andohalo.

M. Cortese (*Bollet. del R. Comit. geol. d'Italia*, XIX. 113. 1888) l'indique dans les schistes du Mont Ankaratra. Il annonce qu'il a recueilli de très gros grenats altérés, accompagnés de corindon (rubis et saphirs), sur le versant oriental de cette montagne. M. Grandidier a donné au Museum des cristaux roulés de grenat, corindon, zircon, provenant, selon toute vraisemblance, de la même région.

M. Baron (*Quaterly J. of. the geol. Soc.* XLV. 305. 1889) a rencontré en abondance le grenat dans les gneiss du lac Itasy et M. Hatch l'a retrouvé dans les roches recueillies par ce voyageur au village d'Ambohidratimo, à 16^{km} N.-O d'Antananarivo (petits grenats rouges dans gneiss granulitique) et à Ambohibao (6 ou 8^{km} N.-O. de la même ville) (cristaux brun rouge dans gneiss à pyroxène du type de Saxe), c'est-à-dire dans la région que m'a signalée M. Grandidier.

Nouvelle-Calédonie. — J'ai pu examiner à l'Exposition permanente des colonies les échantillons rapportés de leur mission par MM. Garnier et Heurteau. J'ai étudié d'autre part quelques échantillons de cette région qui m'ont été donnés par M. le commandant Berlière.

Le grenat almandin est abondant dans les schistes cristallins de la partie N.-E. de l'île (voir plus haut l'analyse). Dans son rapport (*A. M.*

rotides : elle ne doit pas être classée dans le paragraphe des roches modifiées par le granite, mais bien dans celui des schistes micacés granutilisés (p. 40 à la suite de « Esterel ».)

Disthène. M. Renou indique (*op. cit.* 57) l'existence de disthène bleu dans les schistes micacés et dans les nodules de quartz qui les accompagnent. Ce gisement est donc à ajouter à ceux que j'ai donnés page 73.

IX. 252. IX), M. Heurteau a indiqué la distribution de ces roches qui peuvent être observées sur la côte N.-E. depuis l'extrémité N. de l'île jusqu'à Panié. Elles consistent en micaschistes et en amphibolites (avec ou sans glaucophane). Ces dernières roches sont abondantes dans la crête montagneuse, séparant la côte (au dessus de Balade) de la vallée du Diahot et notamment au col du Bonhomme. On les retrouve de l'autre côté de ce col dans la vallée du Diahot et particulièrement près d'Ouéga. Les petites rivières descendant de cette arête montagneuse vers la mer, aux environs de Balade (ruisseau de Pohieu à Oubatche), contiennent également de nombreux galets d'amphibolite à glaucophane grenatifère.

Les grenats présentent uniformément les formes b^1 (110); ils sont rouges et atteignent quelquefois 1 cm de diamètre.

Les micaschistes qui les renferment offrent la plus grande analogie avec ceux de l'île de Groix (Morbihan) et de l'île de Syra.

A Balade, on trouve des chloritoschistes contenant des lamelles de biotite, allongées suivant une arête $p\ g^1$ (001) (010) et groupées en rosettes. Les grenats y sont presque entièrement transformés en une chlorite à un axe négatif possédant une biréfringence plus grande que celle de la pennine.

Les amphibolites sont riches en mica blanc et en rutile, très souvent entouré d'une gaîne de sphène et d'ilménite. L'amphibole est constituée soit par de la glaucophane, soit par de l'actinote verte. L'épidote est presque toujours très abondante et les grenats souvent transformés en chlorite comme dans les micaschistes précédents.

La région des micaschistes est riche en filons cuprifères dont j'étudierai les nombreux minéraux dans le second volume de cet ouvrage.

SPESSARTINE

$Mn^3 Al^2 Si^3 O^{12}$

Formes observées. a^2 (211), b^1 (110).

Dureté. 7.

Densité. 3,77 à 4,27. 4.155 (La Vilate.) 4.047 à 4.054 (Vieil-Salm.) 3,976 (Ourt [Bastogne].)

Coloration. Brun jaune clair, rouge brun plus ou moins foncé. Transparent ou translucide.

Propriétés optiques. Les cristaux de la Vilate, taillés en plaques épaisses, m'ont donné des traces de biréfringence, sans qu'il m'ait été possible de les interpréter d'une façon satisfaisante. Les cristaux de l'Ardenne belge sont monoréfringents (d'après M. Renard).

J'ai mesuré les indices suivants sur un petit prisme taillé dans un cristal de la Vilate :

$$n = \begin{matrix} Na \\ Li \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} 1,7991 \\ 1,7940 \end{matrix} \right.$$

Composition chimique. Analyses :

a) de Salm-Chateau [Ardenne belge] par de Koninck (*Ac. Roy. Belgique.* XXXIII. n° 4. 1872).

b) d'Ourt [même région] par M. Klément (*Tschermak Min. petr. Mitth.* VIII. 18).

	a)	*b*)
SiO^2.....	38,70	37,50
Al^2O^3.....	18,50	18,90
Fe^2O^3.....	1,53	2,03
MnO.....	27,40	34,00
FeO.....	13,32	6,37
CaO.....		2,00
	99,45	100,80

Ces grenats, de même que celui de la Vilate, ne sont pas de véritables spessartines, mais des intermédiaires entre cette espèce et le mélanite.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, fusible en globule noir non magnétique. Avec le borax et le sel de phosphore, donne au feu d'oxydation une perle violette (manganèse). — Difficilement attaquable par l'acide chlorhydrique.

Gisements et associations. — La spessartine se rencontre dans deux gisements distincts : 1° dans les granulites ; 2° dans les schistes paléozoïques.

1° *Dans les granulites.*

Plateau central. — *Haute-Vienne.* Le seul gisement à signaler est celui de la Vilate près Chanteloube ; il est aujourd'hui épuisé. Les

pegmatites de cette carrière, aujourd'hui abandonnée, ont fourni autrefois de nombreux minéraux rares (triphyline, triplite, huréaulite, dufrénite, niobite, etc.). La spessartine y formait des masses cristallines constituées par des trapézoèdres (avec rarement les faces b^4 (110) peu développées) accolés et pénétrés de wolfram tantalifère, de biotite et muscovite.

Assez rarement, ces cristaux pouvant atteindre 1 centimètre de de diamètre, sont transparents.

2° *Dans les schistes paléozoïques.*

[**Ardenne Belge**]. — MM. L. de Koninck et Davreux (*Ac. Roy. Belg.* 1872) ont signalé l'existence de petits dodécaèdres jaune rougeâtre ou brun clair, dans un schiste salmien à ottrélite et damourite de Salm-Chateau (Voy. Analyse *b*).

Plus tard, M. Renard a montré (*Ac. Roy. Belg.* 1877) que le coticule de Vieil Sam, Ottrez, Hébronval, etc., était en grande partie constitué par des dodécaèdres microscopiques de spessartine ferrifère.

Dans son mémoire sur les roches de Bastogne, M. Renard a décrit le même minéral dans les quartzites et divers schistes (taunusien inférieur) des environs de Bastogne et notamment à Ourt (Analyse *c*). D'après cet auteur, ces grenats sont monoréfringents. Les figures données dans son mémoire représentent des inclusions orientées régulièrement et de la même façon que celles de la pyrénéite. Aussi serait-il intéressant d'étudier des lames épaisses de ces grenats et de voir s'ils ne présentent pas de phénomènes biréfringents du même type.

DIOPTASE

$H^2 Cu Si O^4$

Rhomboédrique, parahémiédrique : $pp = 95° 55'$ (Dx.)[1]

$a : c = 1 : 1.05613$

Formes observées : e^2 $(10\bar{1}0)$, d^1 $(11\bar{2}0)$; p $(10\bar{1}1)$, b^1 $(01\bar{1}2)$, e^1 $(02\bar{2}1)$, d^3 $(31\bar{4}2)$; $e_2 = (d^1\ d^{1/2}\ b^1)$ $(12\bar{3}2)$.

Les mesures ont été prises sur des cristaux du Congo. Les faces sont tellement ondulées et striées, que ces mesures sont en général peu précises.

	angles calculés	angles observés		angles calculés	angles observés		angles calculés	angles observés
$e^2 e^2$	120°		$p b^1$	137° 55′		$e_2 d^1$ (opp.)	123° 49′	
$d^1 d^1$	120°		pp	95° 55′	95° 30′	$p e_2$ (opp.)	117° 16′	117° 23′
$e^2 d^1$	150°	150°	$p e_2$ (adj.)	146° 11′	146° 15′	$d^1 e_2$ (adj.)	146° 35′	
$d^1 d^3$	151°	151° 10′	$p e^1$	126° 44′	126° 28′	$b^1 b^1$	126° 24′	
$d^1 p$	132° 3′	132° 15′	$p d^1$ (lat.)	90°		$e^1 e^2$	157° 43′	158° envir.
$d^1 b^1$ (lat.)	90°		$e_2 e^1$	160° 33′	160° 30′	$p e^2$ (sur e^1)	39° 21′	38° 56′

Faciès des cristaux. Les cristaux du Congo étudiés ici se présentent avec deux faciès particuliers. Dans les uns, le rhomboèdre p $(10\bar{1}1)$ domine et les faces prismatiques sont réduites. Dans les autres, au contraire, les cristaux sont très allongés suivant l'axe vertical. Les faces d^1 $(11\bar{2}0)$ qui dominent, sont très cannelées verticalement ; parfois aussi, elles présentent des stries parallèles aux arêtes pd^1 : les deux systèmes de stries ne se superposent pas, mais existent souvent dans les diverses parties d'une même face. Les faces p $(10\bar{1}1)$ sont fréquemment striées parallèlement à l'arête pd^1.

Fig. 1.
Groupe de cristaux de dioptase du Congo français.

Le prisme e^2 $(10\bar{1}0)$ est toujours réduit à de petites facettes très brillantes. Il existe probablement des prismes entre e^2 et d^1, mais les stries de cette dernière forme rendent impossibles les mesures précises. Les combinaisons habituelles sont : pd^1, pd^1e^2.

1. Breithaupt et Kokcharoff ont pris notre b^1 pour rhomboèdre primitif avec un angle culminant de 125°55′ qui conduit aux paramètres $a : c = 1 : 053417$. On en déduit pour pp la valeur 95°26′, se rapprochant plus des nombres observés que l'angle admis plus haut pour point de départ. Au moment du tirage de cette feuille, j'ai reçu de bons cristaux dont les mesures seront données dans un supplément à la fin de ce volume.

Les faces hémièdres d^3 $(31\bar{4}2)$ et e_2 $(12\bar{3}2)$ sont relativement rares et s'observent généralement ensemble : cette dernière forme est parfois holoèdre (fig. 7); b^1 $(01\bar{1}2)$ est plus rare encore, ses faces sont parfois cannelées parallèlement à leur intersection avec p $(10\bar{1}1)$; enfin, je n'ai trouvé e^1 $(02\bar{2}1)$ que dans quatre cristaux ; cette face est parfois allongée suivant l'arête pe^1 (fig. 8).

Les grands cristaux sont presque toujours constitués par l'interpénétration d'un grand nombre d'individus dont les surfaces de jonction sont parfois très visibles. Quelques cristaux ont des sommets dentelés par suite de l'inégale dimension des petits cristaux élémentaires, constituant les gros rhomboèdres.

Clivages. Clivage très facile suivant b^1 $(01\bar{1}2)$. Cassure inégale.

Dureté. 5. Fragile.

Densité. 3,3.

Coloration. Vert émeraude, vert noir rappelant la couleur de l'atacamite, vert-de-gris. Les cristaux vert émeraude sont transparents; les cristaux vert noir ne le sont qu'en lames minces, il en est de même pour ceux qui sont vert-de-gris. Ces différences de coloration tiennent à un pigment ferrugineux, distribué suivant des zones concentriques, parallèles aux faces dominantes des cristaux (fig. 2).

Eclat vitreux, résineux dans la cassure.

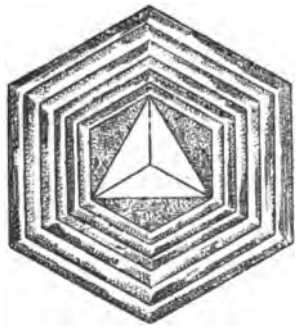


Fig. 2.

Section de dioptase perpendiculaire à l'axe vertical, vue en lumière naturelle et montrant la disposition des secteurs intérieurs, grâce à des inclusions ferrugineuses.

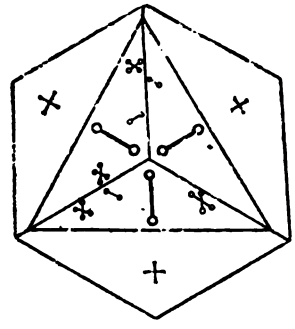


Fig. 3.

Section de dioptase montrant la division en secteurs et la position du plan des axes optiques dans chacun d'eux.

Propriétés optiques. L'examen des propriétés optiques des cristaux du Congo m'a conduit à des résultats intéressants. En effet, les sections perpendiculaires à l'axe vertical, examinées en lumière polarisée paral-

lèle, ne s'éteignent généralement pas entre les nicols croisés. En lumière polarisée convergente, on constate une croix noire (avec signe *positif*), se disloquant toujours plus ou moins. Dans quelques cristaux cependant, on observe une division en trois secteurs de 120°, s'éteignant suivant leur diagonale; le plan des axes optiques est parallèle à la petite diagonale des secteurs; l'écartement des axes est variable, mais souvent assez grand.

Grâce à l'obligeance de M. Thollon, qui m'a donné un grand nombre de cristaux, j'ai pu en observer quelques-uns présentant des zones d'accroissement concentriques, soulignées par des inclusions ferrugineuses brunâtres. Le centre seul des cristaux présente la division en trois secteurs, alors que la périphérie du cristal ne s'éteint pas.

La section basique représentée par la figure 2 montre très nettement, en lumière naturelle, la disposition des secteurs centraux, grâce à l'existence d'un pigment ferrugineux qui jalonne les lignes de jonction des secteurs, comme cela a lieu dans les cristaux de grenat pyrénéite figurés plus haut.

L'orientation n'est pas unique dans chaque secteur, et quand on déplace lentement la préparation sur le microscope, on voit souvent à la fois deux systèmes d'hyperbole, croisés à 60° (fig. 3). Sur quelques millimètres de surface, on peut observer une multitude de superpositions et suivre pas à pas toutes les étapes conduisant d'un minéral biaxe à axes optiques écartés, jusqu'à un minéral uniaxe.

Le réseau élémentaire de la dioptase est réellement rhombique et l'on ne saurait trouver de plus bel exemple pour démontrer la réalité de ces groupements dont M. Mallard a donné la théorie et montré la fréquence dans un grand nombre de minéraux, considérés autrefois comme uniaxes.

Il est intéressant de faire remarquer que dans la dioptase du Congo, les groupements sont devenus de plus en plus intimes au fur et à mesure de l'accroissement des cristaux.

J'ai mesuré les indices suivants sur un petit prisme (Na) :

	jaune	vert
n_g	= 1,697	1,7105
n_p	= 1,614	1,6530

La partie verte du spectre étant très étalée, les dernières mesures sont moins exactes que celles qui ont été faites pour le jaune. En rai-

son des groupements étudiés plus haut, ces nombres ne peuvent être du reste considérés que comme approximatifs.

L'écartement maximum des axes (2 **V**) est d'environ 43°.

Pléochroïsme. Pléochroïsme net dans les lames épaisses avec maximum d'absorption suivant n_p.

Pyroélectricité. La dioptase est pyroélectrique.

Composition chimique. La composition chimique de la dioptase du Congo correspond sensiblement à la composition théorique, exigée par la formule citée plus haut : il existe des traces de Fe^2O^3, dues sans doute à des inclusions.

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, sur le charbon, la dioptase devient noire au feu oxydant et rouge au feu réducteur, en colorant la flamme en vert. Sur le charbon, avec la soude, elle donne du cuivre métallique. Avec les flux, le minéral donne les réactions du cuivre et laisse un squelette de silice. Il est soluble dans les acides, en faisant gelée et partiellement attaquable par l'ammoniaque, en donnant une solution bleue et en laissant un résidu de silice floconneuse.

Diagnostic. Les formes, le clivage, la couleur de la dioptase sont tout à fait caractéristiques et ne permettent de la confondre avec aucun autre minéral cuprifère.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Congo français. Pendant longtemps, la dioptase a été considérée comme n'existant que dans les steppes des Kirghis. En 1874, M. des Cloizeaux signala (*op. cit.* II. XXI) de petits cristaux de dioptase qu'il avait observés dans les druses d'un échantillon compacte du même minéral, expédié du Gabon avec d'autres minerais de cuivre, associés à du mica et à du clinochlore.

En 1890, M. Thollon rapporta, d'une exploration dans le Congo français, des échantillons de dioptase en beaux cristaux, malheureusement roulés, dans lesquels M. Jannettaz signala (*B. S. M.* XII. 150: 1890 et XIV. 68. 1891) les formes p $(10\bar{1}1)$, d^1 $(11\bar{2}0)$; ces cristaux étaient associés à des octaèdres d'argent natif et à de la calcite.

Dans un voyage plus récent, M. Thollon a recueilli de superbes cristaux dont il m'a confié l'examen (*C. R.* CXIV, 1384, 1892).

D'après les indications qu'il a bien voulu me donner, la dioptase se trouve dans deux gisements distincts, aux environs de Mindouli (à deux

heures de marche à l'est de Comba, sur la route de Brazzaville). Le premier gisement, qui a fourni les échantillons décrits par M. Jannettaz, se trouve sur la rive gauche d'un petit ruisseau dans le lit duquel la dioptase se rencontre au milieu de déblais, provenant d'exploitations des indigènes qui en retirent, pour la fabrication du cuivre, de la cuprite, de l'azurite et de la malachite. On y trouve, en outre, un peu de galène et de chrysocole. Quant à la calcite et à l'argent natif, ce sont des minéraux de formation postérieure à la dioptase.

Le deuxième gisement, d'où proviennent les échantillons riches en faces que j'ai étudiés, se trouve au nord du village de Mindouli, à environ 450 m. d'altitude. On y trouve exclusivement de la dioptase et du quartz hyalin.

Dans ces deux gisements, la dioptase se trouve en blocs isolés au milieu d'une argile ferrugineuse rouge, avec des blocs de quartz, provenant de la démolition des filons quartzeux. La dioptase imprègne le quartz, y forme des filonnets ou tapisse les fentes de fragments de calcaire.

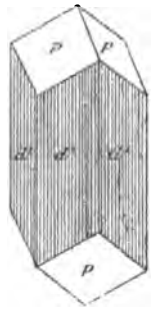


Fig. 4.

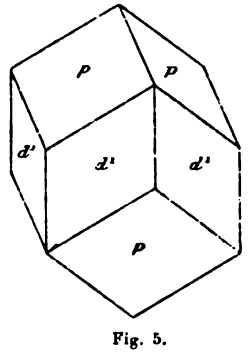


Fig. 5.

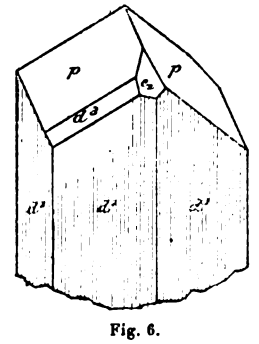


Fig. 6.

Dioptase de Mindouli (formes les plus communes).

La dioptase existe également dans les mines de cuivre de Boukou-Songho, à trois journées S.-O. de Mindouli. Enfin, M. Thollon a vu entre les mains d'un agent de l'Etat du Congo, un échantillon du même minéral provenant des environs de Katanga [au sud de Stanley Falls].

Le Congo semble donc extrêmement riche en dioptase qui, jusqu'à présent, était considérée comme une rareté minéralogique, localisée dans un petit nombre de gisements.

Les cristaux se rapportent aux deux types établis plus haut. Quelques-uns d'entre eux atteignent 3^{cm} suivant l'axe vertical et sont, par places, tout à fait transparents. Il en existe de bipyramidés.

Les cristaux allongés ont une certaine tendance à former des masses flabelliformes.

Au point de vue de la couleur, on peut distinguer deux variétés, l'une vert émeraude qui est la plus commune, l'autre vert atacamite foncé beaucoup plus rare. Les cristaux de cette dernière ne dépassent guère 1^{cm} ; ils sont allongés suivant l'axe vertical et présentent souvent les faces hémièdres $^1/_2\ d^3$, $^1/_2\ e_2$. Leur nature polysynthétique est très évidente, ils sont très striés, mais les anomalies optiques y sont en général difficilement déchiffrables.

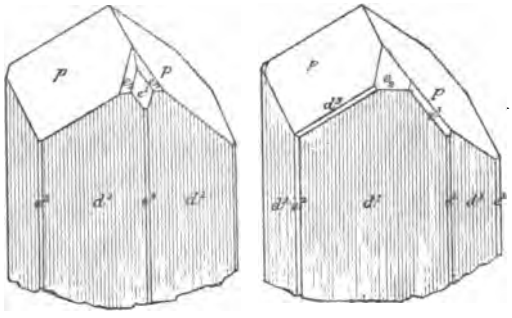


Fig. 7. Fig. 8.
Dioptase de Mindouli (formes rares).

Le quartz hyalin, postérieur à la dioptase, se présente en cristaux nets ou en masses ayant complètement moulé les cristaux de ce dernier minéral. On peut facilement le détacher de la dioptase qu'il recouvre et en obtenir ainsi une empreinte en creux. Ces empreintes ont conservé toutes les stries et imperfections des faces de la dioptase.

Assez fréquemment, le quartz ne forme sur les cristaux de dioptase qu'une très mince *chemise* qu'il est facile de faire sauter avec une épingle : les cristaux ainsi dégagés sont extrêmement frais : ce sont ceux que j'ai mesurés.

J'ai dit plus haut que dans le premier gisement de Mindouli, la dioptase était associée à de la chrysocole, de la malachite, de l'azurite et de l'argent natif. Celui-ci est implanté sur la dioptase et les deux minéraux sont moulés par de la calcite de formation postérieure.

Dans une géode du même gisement, j'ai rencontré de petits cubes jaunes de fluorine.

Enfin, parmi les échantillons que j'ai étudiés, se trouvait un gros bloc de quartz renfermant, en outre de la dioptase, de la cérusite en grands cristaux peu nets ; ils remplissent en partie une géode et recouvrent la dioptase. Ils étaient associés à des croûtes cristallines blanc jaune verdâtre ou jaune citron, constituées par de très petits prismes hexagonaux de *pyromorphite* qui saupoudrent également la surface de

cristaux de quartz. Le même échantillon renfermait de petites tables jaunes de *wulfénite*, des houppes vertes transparentes de *malachite* et des globules cristallins d'un phosphate de cuivre que je n'ai pu déterminer, faute d'une quantité suffisante de matière.

Parmi les échantillons que M. Thollon a bien voulu me donner, se trouve une géode renfermant quelques rhomboèdres verts d'environ 105°, recouverts d'une très grande quantité de petits cristaux transparents de dioptase. Ces rhomboèdres semblent être des pseudomorphoses de calcite en dioptase; leur surface est trop terne et trop hérissée de cristaux de dioptase pour qu'il soit possible de s'en assurer par une mesure plus précise de leur angle culminant.

CHRYSOCOLE

La chrysocole est un produit d'altération de divers minerais cuprifères. Elle se présente en masses amorphes, compactes, dont la structure varie depuis celle de l'opale jusqu'à celle d'une terre argileuse ; elle possède l'éclat vitreux ou est mate. Elle est parfois translucide sur les bords ; sa couleur varie du vert au bleu, elle est quelquefois noirâtre. La cassure est conchoïdale et le minéral est fragile dans les échantillons frais.

Dureté. 2 à 4.

Densité. 2 à 2.2.

Les réactions au chalumeau sont celles de la dioptase. La composition de ce minéral semble devoir être représentée par la formule H^4 Cu Si O^5. On pourrait le considérer comme une dioptase hydratée (H^2 Cu Si O^4 + H^2 O), mais en réalité les analyses de la chrysocole de divers gisements sont très variables et s'éloignent sensiblement de la formule donnée plus haut, sans doute à cause des mélanges de diverses substances avec le minéral en question.

Je citerai pour mémoire l'analyse de la chrysocole de Canaveilles (Pyrénées-Orientales) donnée par Berthier (*A. M.* LI. 395) et qui s'éloigne beaucoup de la composition théorique donnée par la formule :

SiO^2.....	26,0
CuO.....	41,8
FeO^3.....	2,5
H^2O.....	23,5
CO^2.....	3,7
Gangue... .	2,5
	100,0

GISEMENTS

La chrysocole se rencontre en quantité plus ou moins grande dans la plupart des filons renfermant des minerais cuprifères. On peut citer ceux de Canaveilles (Pyrénées-Orientales), ceux de la Pacaudière (Loire), de Monsols (Rhône), de Framont, etc.

C'est sans doute à la chrysocole qu'il y a lieu de rattacher une substance, décrite par Jackson (*Amer, J. of. Sc.* XXXVII. 398. 1839 et XLVII. 337. 1844) et appelée *beaumontite* dans la *Phillip's Mineralogy* d'Alger. Jackson attribue à ce minéral la composition bizarre suivante : SiO^2 21, CuO 46.8, acide crénique 15,8, H^2O 10,0, Al^2O^3 + Fe^2O^3 40,4, CO^2 2,0 = 100.0. Cette substance était, paraît-il, de formation récente dans les galeries de Chessy, elle y formait des stalactites bleu verdâtre.

Drian (*Minér. et Pétral. des environs de Lyon*, 100) annonce qu'en 1849, un minéral analogue se produisait encore à Chessy, dans la *Grotte bleue*, sous forme de stalactites et stalagmites molles et gélatineuses.

M. Gonnard n'a trouvé trace de ce produit dans aucune collection lyonnaise.

PREHNITE

$H^2 Ca^2 Al^2 Si^3 O^{12}$

Orthorhombique : $mm = 99°56'$ (Dx.)

$b : h = 1000 : 646.087$. $D = 765.670$. $d = 643,233$

$[a : b : c = 0.84009 : 1 : 0,84382]$

Formes observées. $p(001)$; $m(110)$, $h^1(100)$, $g^1(010)$; $a^2(102)$, $a^1(101)$.

Les angles donnés plus bas ont été mesurés sur un petit cristal de Basse-Indre et sur une lame de la Piquette déras lids.

	Angles calculés	Angles mesurés		Angles calculés	Angles mesurés		Angles calculés	Angles mesurés
$m\,m$	99° 56′	99° 50′	$h^1\,g^1$	90°		$p\,a^1$	134° 52′	134° 45′
$m\,h^1$	139° 58′	139° 52′	$p\,a^2$	153° 20′	153° 12′	$a^1\,a^1$	89° 44′	
$m\,g^1$	130° 2′	130° 14′	$a^2\,a^2$	126° 40′		$p\,h^1$	90°	

Faciès des cristaux. Les cristaux de prehnite sont généralement aplatis suivant p (001) et rarement allongés suivant l'arête ph^1 (001) (100). Ceux des gisements français ne présentent jamais l'allongement suivant pg^1 (001) (010) qu'on observe dans quelques gisements étrangers. Très fréquemment, les cristaux de prehnite s'empilent suivant la base, se groupent en éventail ou en gerbes, présentant une forme très caractéristique (*prehnite conchoïde* d'Haüy), représentée par la figure 8.

Picot de Lapeyrouse a découvert dans les Pyrénées une variété de prehnite, en petites lamelles cristallines excessivement minces, s'enchevêtrant les unes dans les autres, formant des masses spongieuses très légères et très fragiles. Cette substance fut prise tout d'abord pour un minéral spécial et décrite sous le nom de koupholite (κοῦφος léger et λίθος pierre) (Delamétherie, *Théorie de la Terre* II. 547. 1797). Dans la première édition de sa Minéralogie, Haüy (*op. cit.* IV. 373) place la koupholite parmi les espèces imparfaitement connues, en faisant remarquer toutefois que ce minéral « a été regardé comme une zéolithe. Mais le citoyen Lelièvre penche plutôt à croire qu'elle doit être associée à la prehnite ». C'est à cette solution qu'Haüy s'arrêta dans la seconde édition de son livre (*op. cit.* II. 606. 1822). Charpentier s'était, du reste, rallié à cette manière de voir après avoir observé dans la collection de Picot de Lapeyrouse « une belle série d'échantillons dans lesquels on reconnaissait le passage de la koupholite la plus parfaite à la prehnite la mieux prononcée » (*op. cit.* 275).

M. des Cloizeaux a signalé des stries sur m (110) et g^1 (010) parallèles à leurs arêtes d'intersection avec p (001), et sur p (001) des stries parallèles à h^1 (100) et g^1 (010). J'ai fréquemment observé, sur cette dernière face, des stries parallèles à m (110). Elles semblent correspondre à une pyramide très surbaissée (fig. 4). La face p (001) est en outre souvent ondulée.

Indépendamment des groupements en gerbes et en éventail dont il a été question plus haut, la prehnite forme souvent des masses mamelonnées, des sphérolites ou des masses à structure fibrolamellaire.

Dureté. 6 à 7.

Clivages. Clivage très facile suivant p (001), très difficile suivant m (110). Cassure inégale.

Densité. 2,80 à 2,95. 2,916 à 2,921 (Lac Bleu), 2,934 (Oisans), 2,939 (Billiers).

Coloration. Incolore, blanche, gris verdâtre, vert pomme, vert poireau. La couleur verte est due, dans quelques gisements pyrénéens, à des traces de cuivre, provenant de la décomposition de pyrite cuivreuse associée à la prehnite. Poussière blanche.

Eclat vitreux, un peu nacré sur le clivage facile p (001).

Inclusions. La prehnite de quelques gisements (Pyrénées et Oisans) est souvent colorée en vert par des inclusions de chlorite, formant parfois le quart de la masse et rendant la surface du cristal raboteuse ; l'examen microscopique montre que cette chlorite forme des empilements vermiculaires et disposés sans ordre dans la prehnite. La koupholite de la Piquette déras lids est toujours associée à de l'asbeste en fines petites aiguilles, implantées à sa surface ou englobées par elle. La teinte jaunâtre que présentent quelques cristaux est due à un léger endu it delimonite.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë *positive* perpendiculaire au clivage facile p (001).

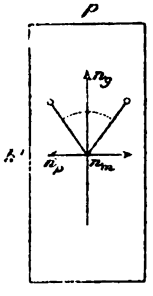


Fig. 1.
Plan des axes, parallèles à g^1 (010).

L'indice moyen de la prehnite du Tyrol est d'après M. des Cloizeaux :

$$n_m = 1{,}626$$

La prehnite de quelques gisements présente des anomalies optiques fort remarquables qui sont devenues classiques depuis les travaux de MM. des Cloizeaux (*B. S. M.* V. 58 et 125. 1882) et Mallard (*B. S. M.* V. 195. 1882).

Ces anomalies consistent notamment dans l'existence de plages complexes dans lesquelles le plan des axes optiques est tantôt parallèle, tantôt perpendiculaire à g^1 (010) avec dispersion *tournante* et dispersion ordinaire très forte, avec $\rho > \nu$ ou $\rho < \nu$ (Farmington, Arendal). M. Mallard a expliqué ces anomalies par des entrecroisements de lames, alternativement perpendiculaires à n_g et à n_p, et croisées à angle droit ou à 60°.

Ces anomalies n'existant pas dans les cristaux de prehnite française, je ne les cite ici que pour mémoire, renvoyant le lecteur aux travaux de mes savants maîtres.

D'après M. des Cloizeaux, la prehnite du Dauphiné présente une structure plus ou moins confuse, due à des fibres enchevêtrées. Il

n'existe pas de dispersion appréciable. M. des Cloizeaux a obtenu les valeurs suivantes pour l'écartement des axes :

$$2\mathbf{H} = \begin{cases} 74°29' \text{ à } 76°7 \\ 75°22' \text{ à } 75°52' \end{cases} \text{ d'où } 2\mathbf{E} = \begin{cases} 124° \text{ à } 129°9' \\ 127° \text{ à } 128°28' \end{cases} \text{ d'où } 2\mathbf{V} = \begin{cases} 65°46' \text{ à } 67°22' \\ 66°47' \text{ à } 67°16' \end{cases}$$

D'après le même savant, les lamelles p (001) de koupholite des Pyrénées, examinées en lumière polarisée parallèle, présentent une division en deux ou quatre secteurs à limites ondulées, sensiblement parallèles aux diagonales de la face.

L'extinction est fréquemment simultanée dans les quatre secteurs et parallèle aux diagonales de p. Les secteurs ne sont alors visibles que grâce à une légère différence d'intensité lumineuse. Ils renferment souvent des bandelettes ou des plages cunéiformes ayant l'orientation des secteurs voisins.

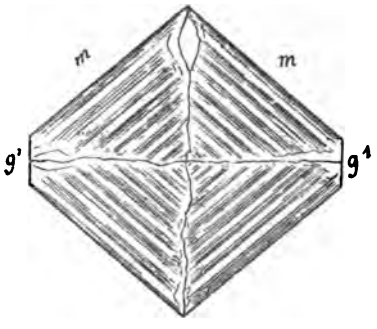


Fig. 2.
Lame p (001) de koupholite, vue en lumière polarisée parallèle.

Dans d'autres cas, l'extinction dans chaque secteur se fait à des angles variables (2° à 5°) de ces diagonales.

En lumière convergente, il n'y a pas de dispersion appréciable. M. des Cloizeaux a obtenu sur des lames de koupholite de la Piquette déras lids les nombres suivants pour l'écartement des axes optiques :

$$2\mathbf{H} = 73°43' \text{ à } 74°42' \quad \text{d'où } 2\mathbf{E} = 122°59' \text{ à } 125°27' \quad \text{d'ou } 2\mathbf{V} = 65°26' \text{ à } 66°16'$$

Cet écartement est variable avec la chaleur; en effet, M. des Cloizeaux a observé (*C. R. Sav. Etrang.* XVIII. 596. 1867) :

$$2\mathbf{E} = \begin{cases} 129°48' \text{ à } 8° \text{ C} \\ 131°50 \text{ à } 146° \text{ C} \end{cases}$$

M. Mallard a constaté sur un autre échantillon du même gisement une dispersion nette, avec $\rho > \nu$ et a donné les nombres suivants :

$$2\mathbf{H} = \begin{cases} \text{rouge } 73°6' \\ \text{bleu } 72° \end{cases} \qquad \text{d'où } 2\mathbf{V} = \begin{cases} 64°12' \\ 62°18' \end{cases}$$

Très fréquemment, les lamelles de koupholite montrent en lumière polarisée parallèle de fines stries parallèles à *m* (110) se distinguant les unes des autres par des différences de biréfringence ; elles sont en relation avec des stries très fines sur *p* (fig. 2.)

M. des Cloizeaux a signalé autrefois de petites lamelles de 101° environ, incolores et parfois irisées, implantées sur quartz et pyrite et indiquées comme provenant des environs de Barèges. Ces lamelles étant identiques d'aspect à la koupholite, M. des Cloizeaux les a considérées comme appartenant à ce minéral et comme constituées par les faces $p\,e^1$ ($e^1\,e^1 = 99°\,41'$) ; la bissectrice *négative*, perpendiculaire à la lame, étant alors la bissectrice obtuse, avec axes extrêmement écartés.

En examinant à nouveau ce minéral, nous avons constaté, M. des Cloizeaux et moi, que ces lamelles n'appartenaient pas à la prehnite, mais bien à la barytine ; un essai chimique est venu confirmer cette manière de voir.

Propriétés électriques. La prehnite est pyroélectrique d'après les travaux d'Haüy, Riess, G. Rose et Hankel. MM. Friedel et de Gramont n'ont obtenu que des résultats négatifs dans de récentes expériences.

Composition chimique. Analyses :

a) de la prehnite du Bourg-d'Oisans, par Regnault (*A. M.* XIV. 154. 1838).

b) de la prehnite (*koupholite*) du Mont-Blanc, par Walmstedt (*Årsber. Kemi.* V. 220. 1825).

c) de la prehnite (*koupholite*) des Pyrénées, par Vauquelin (*J. M.* XII 153. 1802).

	a)	*b*)	*c*)
SiO^2.....	44,50	44,71	48
Al^2O^3.....	23,44	23,99	24
Fe^2O^3.....	4,61	»	4
Mn^2O^3.....	»	0,19	»
FeO.....	»	1,25	23
CaO.....	23,47	25,41	»
H^2O.....	4,44	4,45	»
	100,46	100,00	99

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, la prehnite se gonfle, s'exfolie et fond facilement en un émail bulleux blanc ou jaunâtre. La koupholite noircit, dégage une odeur empyreumatique, puis blanchit.

Cette propriété est due sans doute à la combustion des matières organiques, emmagasinées par les fibres d'asbeste qui accompagnent presque toujours les lamelles de koupholite.

Dans le matras, la prehnite ne subit aucune altération lorsqu'on la chauffe à la flamme de l'alcool ; ce n'est qu'à une température plus élevée qu'elle laisse dégager son eau.

Diagnostic. Les formes des cristaux, les groupements conchoïdes sont très caractéristiques de la prehnite. Quand elle se trouve en masses fibrolamellaires, sa tenacité, la difficulté avec laquelle elle s'attaque par les acides, la font aisément distinguer des zéolites qui l'accompagnent parfois et avec lesquelles elle présente quelques caractères communs (notamment au chalumeau). La position de la bissectrice aiguë positive perpendiculaire à la face d'aplatissement (clivage facile *p*) rend le diagnostic plus certain.

Dans les lames minces de roche, la prehnite forme des sphérolites et des plages palmées qui, en lumière polarisée parallèle, prennent souvent un aspect moutonné. La haute biréfringence de ce minéral lui donne une place à part parmi les produits secondaires incolores et le rapproche de la thomsonite dont il se distingue par sa réfringence plus grande ; de plus, la thomsonite est presque toujours allongée et fibreuse, avec un allongement de signe tantôt positif, tantôt négatif.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La prehnite se rencontre dans divers gisements :

1° Dans les druses des schistes cristallins, des roches paléozoïques métamorphisées par le granite ou la granulite, ou enfin dans celles de ces dernières roches.

2° Dans diverses roches éruptives plus ou moins basiques (*basaltes* (*mélaphyres*), *andésites*, *labradorites* (*porphyrites*) ; *diabases*, *diorites*), comme produit secondaire.

3° Dans des gisements métallifères et particulièrement dans ceux qui renferment du cuivre natif.

Nous n'aurons à l'étudier que dans les deux premiers genres de gisement.

1° Dans les druses des schistes cristallins, des roches modifiées par le granite ou la granulite, ou dans celles de ces roches éruptives.

C'est dans ce genre de gisement que l'on rencontre en France la prehnite en plus grande abondance ; c'est lui seul qui fournit les cristaux que nous allons décrire ; ils sont souvent accompagnés d'axinite, d'épidote, d'asbeste, de quartz hyalin et de calcite.

Bretagne. — *Morbihan.* M. de Limur a signalé (*op. cit.*) l'existence de la prehnite dans les fissures des gneiss amphiboliques et pyroxéniques des falaises de Billiers. J'ai moi-même étudié les échantillons que m'a remis ce savant (*B. S. M.* XI. 1889 et *Bull. Sc. nat. Ouest.* I. 1891). Dans ce gisement, la prehnite, rarement accompagnée d'axinite, forme des masses blanc verdâtre à structure grossièrement lamellaire. Je n'ai pas eu l'occasion d'y observer de cristaux distincts.

J'ai trouvé le même minéral dans le gneiss à pyroxène de Roguédas.

Loire-Inférieure. La prehnite a été signalée par Dubuisson et M. Baret (*op. cit.*) dans les fissures des amphibolites de Saint-Herblain.

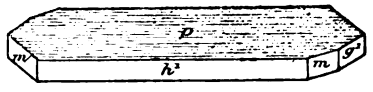


Fig. 3.
Prehnite de Basse-Indre.

MM. Baret et Enault m'ont remis des échantillons recueillis près de la gare de Basse-Indre. Le minéral, d'un blanc légèrement verdâtre, est creusé de géodes que tapissent des mamelons cristallins, formés par l'agglomération de lames minces, aplaties suivant p (001) et présentant quelques faces très nettes.

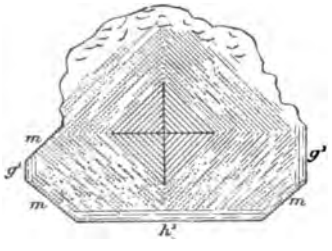


Fig. 4.
Lame p (001) de la prehnite de Basse-Indre.

La face h^1 (100) est largement développée, toujours accompagnée de m (110) et de g^1 (010). Les petits cristaux sont allongés suivant l'arête $p\,h^1$ (001) (100) (fig. 3) et présentent quelquefois en outre a^2 (102) et a^1 (101).

Ils portent sur p (001) des stries parallèles à l'arête $p\,h^1$ (001) (100) et parfois aussi de fines cannelures parallèles à m (110), correspondant à une pyramide extrêmement surbaissée (fig. 4).

J'ai trouvé la prehnite en très petite quantité dans les gneiss basiques de la côte de Ville-ès-Martin, près Saint-Nazaire, ainsi que dans ceux de la carrière de la Ramée, près Saint-Viaud. Dans cette dernière localité, la prehnite blanche forme de petites croûtes mamelonnées, hérissées de pointements cristallins. Le même minéral se trouve dans les mêmes conditions au Four-au-Diable, près Nantes.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées.* M. Frossard m'a signalé la prehnite associée à l'asbeste dans une granulite (?) du col de Sesque, près des Eaux-Chaudes.

Hautes-Pyrénées. Le gisement de prehnite le plus anciennement connu dans les Pyrénées et celui qui a fourni les plus beaux échantillons est la Piquette déras lids, près Barèges.

La prehnite s'y est rencontrée dans les druses des schistes et calcaires paléozoïques modifiés par le granite dont il a été plusieurs fois question déjà dans cet ouvrage.

Elle y a été signalée pour la première fois par Dolomieu (*J. P.* 307. 1798) et par Picot de Lapeyrouse (*op. cit.* 433). Elle s'y présente sous deux formes.

La première rappelle la prehnite de l'Oisans, qui sera décrite plus loin. Les cristaux, atteignant 1^{cm} de côté, ont généralement les formes suivantes : p (001), m (110), avec souvent g^1 (010) et plus rarement h^1 (100) ; ils sont incolores ou légèrement verdâtres; ils accompagnent souvent l'axinite et sont implantés sur ce minéral. Quand ils sont bien transparents, l'axinite violette qu'ils recouvrent leur donne une légère teinte violacée. L'épidote vert jaunâtre et l'albite en cristaux blancs laiteux se joignent souvent aux deux minéraux précédents.

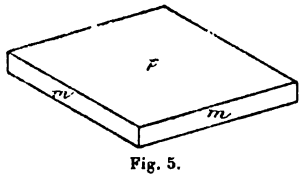


Fig. 5.

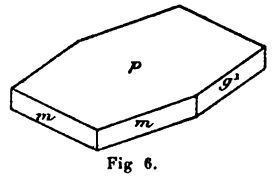


Fig 6.

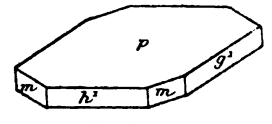


Fig. 7.

Prehnite (*koupholite*) de la Piquette déras lids.

Enfin quelques échantillons présentent les groupements en gerbes ou en casques, analogues à ceux de la prehnite de l'Oisans.

La seconde variété est celle dont il a été question plus haut et qui a reçu de Picot de Lapeyrouse le nom de *koupholite*.

Les lames $p\ m$ (fig. 5), $p\ m\ g^1$ (fig. 6), ou $p\ m\ g^1\ h^1$ (fig. 8) sont excessivement minces; elles s'enchevêtrent pour former des masses spongieuses d'une délicatesse et d'une fragilité extrême. Cette variété est parfois associée à l'épidote et à l'albite, elle recouvre généralement ces minéraux; elle est en outre intimement mélangée à de l'asbeste.

De gros cristaux de calcite transparents, rappelant le spath d'Islande, ont été trouvés dans ce gisement englobant ou supportant des lamelles de koupholite. Le petit nombre d'échantillons que j'ai eus à ma disposition n'étaient pas accompagnés d'axinite.

Charpentier (*op. cit.* 136) rapporte que Picot de Lapeyrouse a découvert la prehnite auprès de l'étang de Léou, au nord de Barèges ; il considère la gangue de ce minéral comme étant le granite.

Cette observation a été souvent reproduite depuis lors, avec l'indication inexacte d'étang de Léon ; *Léou* est le nom donné autrefois au lac Bleu (dans le massif du pic du Midi).

J'ai montré plus haut que cette région était constituée par des calcaires et des schistes (*précambriens* ou *paléozoïques*), métamorphisés par la granulite. J'ai pu, grâce à l'obligeance de M. Caralp, examiner les échantillons de la collection de Picot de Lapeyrouse et constater que leur gangue est formée par un schiste métamorphique, constitué par de l'amphibole en grandes lames, moulées par du quartz et du feldspath triclinique finement grenu, accompagné de petits cristaux de tourmaline bleue.

La prehnite de ce gisement se trouve donc dans des conditions analogues à celle de la Piquette déras lids. Elle se présente sous deux formes; la première consiste en croûtes pouvant atteindre 2^{cm} d'épaisseur sur une grande surface. Elles sont constituées par de petits cristaux, aplatis suivant la base et offrant les faces p (001), m (110) et parfois g^1 (010); ils dépassent rarement 3^{mm} de côté ; généralement incolores ou verdâtres, ils sont parfois parfaitement transparents.

Souvent, un des côtés seulement de ces croûtes cristallines est formé de cristaux plus minces (à angles arrondis) et colorés en vert sale par des inclusions d'une chlorite peu biréfringente à un axe positif. La surface de ces cristaux est raboteuse comme celle de certains adulaires chloriteux du Saint-Gothard. Cette prehnite est accompagnée d'asbeste.

La deuxième forme, observée dans ce gisement, consiste en masses compactes, creusées de cavités, renfermant des cristaux qui atteignent 9^{mm} suivant la grande diagonale de la base et offrent des groupements

en éventails identiques à la *prehnite casquée* de l'Oisans, représentée par la figure 8. Ces cristaux sont accompagnés de quartz.

La carrière de Rioumaou, située sur la route de Luz à Gavarnie, peu après le pont de Saint-Sauveur, était célèbre parmi les minéralogistes du commencement du siècle par les minéraux de cobalt et de nickel qu'y découvrirent Gillet de Laumont et Lelièvre. Ces savants trouvèrent en même temps une variété de prehnite identique à la koupholite de la Piquette déras lids (Ramond, *Voy. au Mont-Perdu*. 206. 1801).

D'après Charpentier (*op. cit.* 275), elle formait de petits nids dans les calcaires paléozoïques; elle était très fragile et les échantillons s'effritaient rapidement à l'air. Les lames que j'ai pu étudier, grâce à l'obligeance de M. Frossard, ont les mêmes propriétés que celles de la koupholite de la Piquette déras lids.

Ce minéral ne se rencontre plus dans ce gisement où j'ai recueilli récemment de très beaux cristaux de *brewstérite*, en même temps qu'une petite quantité de *stilbite* et de *heulandite*.

M. Frossard m'a signalé la prehnite dans le granite du pic de Péguères à Cauterets, ainsi que dans la vallée de Lesponne ; je manque de renseignements sur la nature géologique de ce dernier gisement.

Je dois à l'obligeance de M. Gourdon la communication d'un intéressant échantillon de prehnite qu'il a recueilli dans les fissures d'un schiste paléozoïque du pic de Sarrouyès (vallée de Louron). Les cristaux *p m* sont nets, parfois groupés en gerbes et accompagnés de longs cristaux de zéolites qui seront étudiés plus loin.

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme*. J'ai trouvé, en petite quantité, de la prehnite mamelonnée dans les cipolins des gneiss de Savenne. Elle englobe de petits cristaux de zoïsite.

Alpes. — *Savoie*. (Massif du Mont-Blanc). La prehnite se rencontre dans le massif du Mont-Blanc, au dôme du Goûter, dans la partie sud du glacier des Bossons et au col du Bonhomme, en cristaux lamellaires *p* (001), *m* (110) et quelquefois g^4 (010), rappelant beaucoup la koupholite de la Piquette déras lids.

Les échantillons que j'ai eus à ma disposition sont blanc verdâtre ou blanc un peu jaune. Ces cristaux de prehnite recouvrent du quartz hyalin ou des cristaux d'axinite d'un violet pâle et sont souvent accompagnés de ripidolite (glacier des Bossons). Ils proviennent des fentes des schistes cristallins métamorphisés par le granite (*protogine*), étudié récemment par M. Michel Lévy (*B. C. F.*, n° 9, 1890).

Isère. — Le Dauphiné est la région française qui a fourni les plus beaux cristaux de prehnite. La plus ancienne mention qui en ait été faite se trouve dans Romé de l'Isle (*op. cit.* 1783, II. 276) qui dit au sujet de la *chrysolite* du Cap de Bonne-Espérance, décrite peu avant par Sage (*Eléments de minéral.* I. 223. 1771.) : « Je tiens de M. de de Bournon quelques échantillons d'un schorl prismatique strié qu'il a trouvé dans les montagnes du Bourg-d'Oisans en Dauphiné. Ce schorl qui est très dur ne diffère de la chrysolite du Cap de Bonne-Espérance que par sa couleur moins décidée et par la roche argileuse qui lui sert de base. Les cristaux en sont également entrelacés d'une manière très confuse ».

Haüy (*J. M.* 277. an V) cite aussi le minéral en ces termes : « On a réuni à la prehnite[1] du Cap sous le nom de *prehnite de France* une substance qui paraît avoir de grands rapports avec elle et qui accompagne le prétendu schorl blanc [albite] du Dauphiné. On la trouve en lames rhomboïdales blanches..., en lames groupées qui divergent comme les rayons d'un éventail, c'est la prehnite *flabelliforme* ; et en faisceaux de lames curvilignes divergentes, c'est la prehnite *conchoïde* ».

Plus tard, le même auteur précise le gisement et dit (*op. cit.* III. 167. 1801) : « La prehnite de France a été trouvée vers l'an 1782 par le citoyen Schreiber, inspecteur des mines, dans le pays d'Oisans, à la montée du chemin qui conduit à La Rivoire, hameau de la commune de Mons-de-Lens... le citoyen Schreiber la nomme schorl en gerbes ».

Les plus beaux échantillons de prehnite de l'Oisans proviennent des environs de Saint-Christophe ; on les trouve sur la rive gauche de la gorge du Diable, à La Combe de la Selle, un peu en amont du chalet de la Selle.

Les cristaux nets sont peu abondants, tantôt presque incolores ou jaunâtres, tantôt vert clair ; ils sont transparents ou translucides. La forme la plus habituelle est p (001) m (110) avec ou sans g^4 (010) et h^1 (100). Les cristaux les plus nets que j'ai eu l'occasion d'étudier forment des croûtes d'un blanc un peu verdâtre, constituées par des cristaux enchevêtrés, aplatis suivant p (001). Ils présentent les formes reproduites par les figures 5 à 7, mais sont beaucoup plus épais suivant la direction de l'axe vertical.

1. Le nom de prehnite avait été créé par Lamétherie en 1797 (*Sciagraphie*, I. 305.)

Ces cristaux se trouvent dans des filonnets, traversant les amphibolites granutilisées ; ils sont perpendiculaires ou obliques à leur schistosité. On les trouve soit seuls, soit associés à de l'asbeste, de l'épidote jaune brunâtre, de l'axinite, de l'orthose, de l'albite et de la calcite.

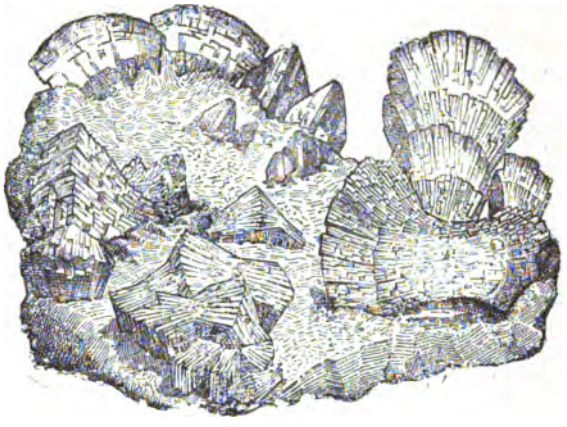


Fig. 8.
Prehnite conchoïde et flabelliforme de La Combe de la Selle.

Indépendamment des cristaux nets et des groupements flabelliformes et conchoïdes, représentés par la figure 8, on rencontre souvent dans ce gisement des masses cristallines, translucides, à surfaces plus ou moins planes, résultant du remplissage total des fissures des amphibolites.

En outre du gisement précédent, la prehnite se trouve dans un grand nombre de points des environs du Bourg-d'Oisans. Le plus souvent, elle y est aussi associée à l'asbeste, à l'axinite, au quartz, à l'albite et à l'orthose.

On peut citer notamment : les rochers d'Armentier au dessus du hameau du Vernis, les environs d'Auris et surtout la Balme ; puis, sur la rive gauche de la Romanche, divers points de la Rampe des Commères, de la Rivoire en Mont de Lans.

Ces divers gisements ne fournissent plus à l'heure actuelle que fort peu d'échantillons, tandis que celui de La Combe de la Selle est encore assez riche.

Algérie. — *Alger*. La collection de l'Ecole des Mines renferme des échantillons de prehnite fibrolamellaire blanche, sans cristaux mesurables, provenant des alentours du fort des Anglais près Alger. Ils recouvrent un schiste chloriteux.

(*b*) *Dans les roches basiques.*

La prehnite n'est pas rare comme produit secondaire dans les diabases ophitiques (*ophites*) des Pyrénées. Les cristaux y sont peu com-

muns. Je ne connais la prehnite, en France, que dans une seule roche microlitique, dans l'andésite (*porphyrite*) d'Arudy.

Landes. M. Frossard a signalé de la prehnite dans la roche ophitique de Mouras en Narrosse.

Basses-Pyrénées. L'andésite d'Arudy (postcrétacée d'après MM. Seunes et Beaugey) renferme d'assez nombreuses zéolites dont j'ai pu examiner quelques échantillons, grâce à l'obligeance de M. de Limur. L'*analcime* s'y présente parfois transformée en *prehnite*. L'examen microscopique fait voir que la prehnite forme de grandes plages palmées, sans relation cristallographique avec le minéral primordial.

Charpentier (*op. cit.* 496) a décrit des cristaux p (001), m (110), g^1 (010), tapissant les cavités de masses d'un vert jaune pâle du même minéral qui remplissent de petites fentes d'une roche ophitique, rencontrée sur les bords du ruisseau Casten-Erreca (ruisseau des Châtaignes), dans la vallée de Baigorry.

Le même auteur signale la prehnite dans les mêmes conditions dans le vallon de Bourdalet de Loubie, entre Bruges et la vallée d'Ossau. Dans ces deux derniers gisements, la prehnite est accompagnée de pyrite cuivreuse.

La prehnite, en gerbes analogues à celles de l'Oisans ou en masses fibrolamellaires vert pomme, a été signalée par Charpentier (*op. cit.* 496) dans une roche ophitique située au-dessous du village de Cervetto, dans un ravin latéral de la vallée de Gistain [Aragon]. La couleur verte de cette prehnite est due sans doute à la décomposition de la pyrite cuivreuse qui l'accompagne.

Hautes-Pyrénées. La diabase ophitique de Gerde près Bagnères-de-Bigorre, renferme en petite quantité, d'après M. Frossard, de la prehnite blanche fibrolamellaire.

Ariège. J'ai recueilli de gros sphérolites, de petits cristaux en gerbe et des masses fibrolamellaires de prehnite blanche ou verte, dans la diabase ophitique que coupe le sentier, montant d'Arnave à la chapelle de Saint-Paul, sur la montagne de Bompas. Elle y est accompagnée de calcite en rhomboèdres e^1 ($02\bar{2}1$).

AXINITE

H (Ca, Fe, Mn)^3 Al^2 B Si^4 O^{16} (Rammelsberg)

Triclinique : $mt = 135°\ 26'$ (Dx.)

$b : c : h = 1000 : 436{,}096 : 546{,}448$. D = 660,958. $d = 397{,}859$.

angle plan de la base..	129°41'52"
angle plan de m.....	81°44'40"
angle plan de t.....	128°55'16"

$$a : b : c = 0{,}60194 : 1 : 0{,}82675$$

$$xy = 140°\,20' \quad yz = 121°\,32' \quad zx = 44°\,42'$$

$$Z = 131°\,39' \quad X = 93°\,10' \quad Y = 124°\,33'$$

Formes observées. — p (001) ; m ($1\bar{1}0$), ^2h ($3\bar{1}0$), h^1 (100), $h^{3/2}$ (510), h^2 (310), h^3 (210), $h^{9/2}$ (11.7.0), t (110), g^1 (010), ^2g ($1\bar{3}0$) ; o^1 (101) ; i^1 (011), e^1 ($0\bar{1}1$) ;

c^5 ($\bar{1}.1.10$), c^2 ($\bar{1}14$), c^1 ($\bar{1}12$), $c^{1/2}$ ($\bar{1}11$) ; f^1 (112) ; $\gamma = (c^1\, f^{1/2}\, g^1)$ ($\bar{1}32$) ;

$x = (c^1\, f^{1/4}\, g^{1/2})$ ($\bar{3}54$), $z = (c^1\, f^{1/3}\, g^1)$ ($\bar{1}21$) ;

$\beta = (c^1\, f^{1/3}\, g^{1/2})$ ($\bar{1}22$), $\varepsilon = (c^1\, f^{1/4}\, g^{1/3})$ ($\bar{3}56$), $\zeta = (c^1\, f^{1/4} g^{1/10})$ ($\bar{3}55$) ;

$\alpha = (d^{1/2}\, b^{1/4}\, g^1)$ ($1\bar{3}1$), $d = (d^{1/2}\, b^{1/4}\, g^{1/2})$ ($1\bar{3}2$), $k = (d^{1/4}\, b^{1/6}\, g^{1/2})$ ($1\bar{5}2$).

J'ai adopté la forme et les paramètres donnés par M. des Cloizeaux dans son *Manuel de Minéralogie* (I. 515). Vom Rath (*P. A.* CXXVIII. 20 et 227. 1866) et M. Schrauf (*Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien.* LXII. oct. 1870) qui ont étudié l'axinite de l'Oisans ont adopté des formes primitives différentes. En raison de l'importance de leurs mémoires, je donnerai ici la correspondance des formes dans le système de ces deux savants et dans celui que j'ai adopté :

Notations adoptées		vom Rath	Schrauf
p	(001)	r ($1\bar{1}0$)	r ($1\bar{1}1$)
m	($1\bar{1}0$)	P ($\bar{2}01$)	c (001)
^2h	($3\bar{1}0$)	h ($73\bar{2}$)	h (113)
h^1	(100)	l ($53\bar{1}$)	l (112)
$h^{3/2}$	(510)	β ($13.9.\bar{2}$)	β (335)
h^2	(310)	h^2 ($86\bar{1}$)	H (223)
h^3	(210)	α ($11.9.\bar{1}$)	α (334)

Notations adoptées		vom Rath	Schrauf
$h^{9/2}$	(11.7.0)	$h^{9/2}$ (31.27,$\bar{2}$)	K (9.9.11
t	(110)	u (110)	u (111)
g^1	(010)	v (131)	M (110)
^2g	(1$\bar{3}$0)	w ($\bar{1}$32)	w (11$\bar{1}$)
o^1	(101)	i ($\bar{8}$01)	i (203)
i^1	(011)	x (401)	x (201)
e^1	(0$\bar{1}$1)	n ($\bar{2}$61)	n (0$\bar{2}$1)
c^6	($\bar{1}$.1.10)	(13.$\bar{1}\bar{5}$.1)	L (5$\bar{5}$4)
c^2	($\bar{1}$14)	z (4$\bar{6}$1)	z (2$\bar{2}$1)
c^1	($\bar{1}$12)	m (1$\bar{3}$1)	m (1$\bar{1}$0)
$c^{1/2}$	($\bar{1}$11)	e (132)	e ($\bar{1}$11)
f^1	(112)	s (100)	s (101)
$\gamma=(c^1 f^{1/2} g^1)$	($\bar{1}$32)	g (101)	a (100)
$\beta=(c^1 f^{1/3} g^{1/2})$	($\bar{1}$22)	f (1$\bar{1}$1)	f (3$\bar{1}$0)
$\varepsilon=(c^1 f^{1/4} g^{1/3})$	($\bar{3}$56)	g (2$\bar{3}$2)	g (2$\bar{1}$0)
$\zeta=(c^1 f^{1/4} g^{1/10})$	($\bar{3}$55)	ζ (5$\bar{9}$8)	ζ ($\bar{7}$31)
$x=(c^1 f^{1/4} g^{1/2})$	($\bar{3}$54)	o (13$\bar{4}$)	o ($\bar{3}$11)
$z=(c^1 f^{1/3} g^1)$	($\bar{1}$21)	c (001)	y ($\bar{2}$01)
$\alpha=(d^{1/2} b^{1/4} g^1)$	(13$\bar{1}$)	t ($\bar{5}$94)	t (13$\bar{3}$)
$d=(d^{1/2} b^{1/4} g^{1/2})$	(1$\bar{3}$2)	d ($\bar{2}$31)	d (0$\bar{1}$1)
$k=(d^{1/4} b^{1/6} g^{1/2})$	(1$\bar{5}$2)	k ($\bar{1}$31)	$\varkappa$ (13$\bar{2}$)

On voit par ce tableau que vom Rath a pris pour p, m, t nos faces z, p, t et M. Schrauf nos faces m c^1 g^1.

Dans le tableau d'incidence qui suit, les abréviations Dx., M., R. sont mises en regard des mesures prises par MM. des Cloizeaux, Marignac et vom Rath (moyennes) sur des cristaux de l'Oisans. Mes propres mesures ont été prises sur des cristaux des Pyrénées (Lx[1].) et de l'Oisans (Lx.).

	Angles calculés	Angles mesurés
mt	135°26′	135°0′15 (R.) 18′(Lx.)
mh^1	151° 1′	150°50′(Lx.)
th^1	164°25′	164°24′ (R.) 21′(Lx.)
mg^1(sur ^2g)	77°20′	77°27′ (M.) 29′ (R.) 30′(Lx.)
tg^1 (adj.)	147°14′	147°10′(R.) 14′ (M.) 18′(Lx.)
$g^1 h^1$ (sur t)	131°39′	131°20′ (M.)
$th^{9/2}$(adj.)	175°27′	175°46′ (Lx.) 56′ (R.)

	Angles calculés	Angles mesurés
$h^{9/2}m$(sur h^1)	139°59′	140° (Dx.)
$g^1 h^{9/2}$(sur t)	142°41′	142°43′ (M.) 143° 1′(Lx.)
th^2	173°28′	173°14′ (R.)
h^2m(sur h^1)	144°40′	145° (Dx.)
$g^1 h^2$(sur t)	138° 0	137°à139′(M.)
$th^{3/2}$	168°25′	168°12′ (R.) 54′(Lx.)
^2gm	119°30′	119°39′ (R.) 25′(Lx.)
$^2g g^1$(adj.)	137°50′	137°48′ (M.) 52′ (R.)

	Angles calculés	Angles mesurés
po^1 (ant.)	143°28′	143°env.(Dx.)
ph^1 (ant.)	124°33′	124°27′(Lx.)
pi^1 (adj.)	139° 6′	139°à139°3′(R.) 8′(Lx.)
pg^1 (sur i^1)	93°10′	93° 4′(M.) 21′(Lx.)
$i^1 g^1$ (adj.)	134°3′	134° 2′(R.) 20′(Lx.)
pe^1 (adj.)	136°14′	136°24′ (R.) 18′(Lx.)
$e^1 g^1$(sur p)	49°23′	49°21′ (R.)
$e^1 i^1$(sur g^1)	84°40′	84°44′(Lx.)

	Angles calculés	Angles mesurés
pm (ant.)	134°48′	134°35′(Lx.) 40′(Lx¹) 42′(R.)48′ (M.)
pc^5(adj.)	173°41′	174° (M.) 2′ (Lx.)
pc^2(adj.)	161° 2′	161°38′(Lx.) 46′ (R.) 162° (M)
pc^1 (adj.)	135°21′	135°21′(Lx.) 22′ (M.) 31′ (R.)
$pc^{1/2}$(adj.)	90°33′	90°32′ (R.)
c^2m (adj.)	64°10′	63°44′ (R.) 64° (Lx.)
c^1m(adj.)	89°51′	89°43′ (R.) 50′ (M.)
$c^{1/2}m$	134°39′	134°39′ (R.)
c^1c^2	154°19′	153°53′ (R.)
$c^2c^{1/2}$	109°30′	109° 9′ (R.)
$c^1c^{1/2}$	135° 2′	135°16′ (R.)
pf^1 (adj.)	143°30′	143°30′ (M.) 19′(Lx.)
pt (ant.)	115°30′	115°30′ (M.) 26′(Lx.)28(Lx.)
f^1t (ant.)	152° 0′	151°58′ (R.) 152° 2′(Lx¹.)
px	69°53′	69°48′ (M.) 53′ (R.)
$p\varepsilon$	135°28′	135°28′ (R.)
εx	154°45′	154°44′ (R.)
$p\gamma$(adj).	121° 7′	121° 3′ (R.)
$p\,{}^2g$(sur γ)	64°10′	64° 5′ (R.)
$\gamma\,{}^2g$ (adj.)	123° 4′	122°53′ (M.)
$p\alpha$	135°53′	135°15′ (R.)
${}^2g\,d$	148°13′	148°11′ (R.)
h^1f^1(adj.)	158°24′	158°31′ (R.)
h^1c^1(s.f^1)	86° 8′	86°25′ (M.)
f^1c^1(adj.)	107°44′	108° 5′ (M.)
$i^1\beta$	141°20′	141°20′ (R.)
$i^1c^{1/2}$ (s.h^1)	99°11′	99° 6′ (M.)
$\beta c^{1/2}$(s.h^1)	60°31′	60°33′(M.)
g^1f^1	125°39′	125°32′ (R.)
$g^1\gamma$ (adj.)	139°8′	139° 5′ (M.) 8′ (R.)
$g^1\beta$(sur γ)	116°55′	117°30′ (M.)
g^1c^1(sur γ)	81°55′	82° 8′(M.)
$\gamma\beta$	157°47′	157°49′(R.)
$\beta\varepsilon$	169°11′	169°25′(R.)
γc^1	122°47′	123° 3′(R.)
εc^1	155°49′	155°49′(R.)
g^1x (sur γ)	109°56′	110° 0′(M.)
g^1z	124°18′	124°38′(M.)
$g^1c^{1/2}$ (s.z)	75°18′	75°22′(M.)
mo^1 (adj.)	155°27′	157° env. (M)
mf^1 (s.o^1)	146°42′	146°34′(R.) 40′(M.) 45′(Lx.)
mi^1 (s.o^1)	130°37′	130°28′(R.) 32′(M.) 38′(Lx.)
f^1i^1 (adj.)	163°55′	163°41′ (Lx.) 49′(R.) 164° 0′ (Dx.)
$m\gamma$ (sur o^1)	100°49′	100°40′(R.) 46′(M.) 50′ (Lx.)
$f^1\gamma$	134° 7′	133°41′(R.) 134° (Lx.)
$i^1\gamma$	150°12′	150° 8′(R.) 23′ (Lx.)
i^1z	113°58′	113°48′ (Lx.)
γz	143°46′	143°38′(Lx.) 54′(R.)
mz (sur o^1)	64°35′	64°28′(M.) 30′(Lx.) 34′(R.)
me^1 (adj.)	112°34′	112°32′(M.) 38′(Lx.) 41′(R.)
mx(adj.)	107°43′	107°45′(M. 48′(R.
βx	154°52′	154°56′(R.
$m\beta$ (sur x)	82°35′	82°42′(M.
te^1	104°38′	104°48′(R.)
ti^1 (adj.)	149°28′	=149°25′(R.) 31′(Lx.)
tc^1 (sur i^1)	84°19′	84°19′(R. 51′(M.)
i^1c^1 (adj.)	114°51′	115°15′(M.et R.)
$t\gamma$ (adj.)	130°24′	130°20′(R.)
tx (sur γ)	94°22′	94°24′(R.)
$tc^{1/2}$ (sur γ)	55° 5′	55° 4′(M.) 11′(R.)
$\gamma c^{1/2}$(adj.)	104°41′	104°54′(M.)
$xc^{1/2}$(adj.)	140°43′	140°45′(M. 48′(R.)
γx	143°58′	144°10′(R.)
${}^2gz$ (adj.)	142°56′	142°53′(R.) 57′(Lx.)
${}^2gx$ (sur z)	120°54′	120°52′(Lx.) 54′(R.)
c^1x (adj.)	141°51′	141°44′(M.)
c^1z	119°49′	119°59′(R.)
$c^1\,{}^2g$ (sur z)	82°45′	82°44′(M.)
zx	157°58′	157°45′(Lx.) 158° 1′(R.)
c^1e^1	129°36′	129°29′(R.) 36′(M.)
${}^2ge^1$ (adj.)	147°39′	147°38′(Lx.) 43′(R.)
$f^1c^{1/2}$	111°51′	111°38′(M.)
${}^2gc^{1/2}$	104°54′	105° 8′(M.

Faciès des cristaux. Les cristaux d'axinite des gisements français présentent toujours les trois faces p (001), m ($1\bar{1}0$), t (110); la face f^1 (112) manque rarement; h^1 (100), i^1 (011), γ ($\bar{1}32$) et x ($\bar{3}54$) sont très fréquentes ainsi que les faces c^2 ($\bar{1}14$), c^1 ($\bar{1}12$), $c^{1/2}$ ($\bar{1}11$).

Dans la zone verticale, g^1 (010) et ${}^2g$ ($1\bar{3}0$) se présentent assez souvent, les autres faces sont plus rares et peu développées.

Toutes les faces énumérées plus haut sont rares et petites.

On peut distinguer parmi les cristaux d'axinite que nous avons à étudier ici les quatre types suivants :

1° *Type commun.* Le type le plus fréquent est celui qui résulte de l'égal développement des faces p (001), m ($1\bar{1}0$) et t (110); c'est celui que l'on trouve d'ordinaire en Oisans et dans quelques gisements des Pyrénées (fig. 1), ainsi qu'à Kongsberg et à Santa-Maria de Lukmanier (Grisons).

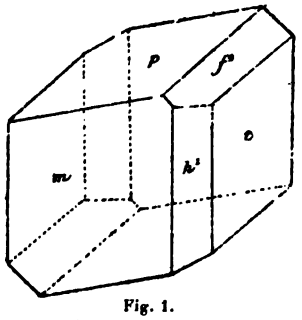


Fig. 1.
Axinite *type commun.*

2° *Type Armentier.* Les cristaux de ce type se sont rencontrés autrefois au rocher d'Armentier près du Bourg-d'Oisans, on ne les voit guère que dans les vieilles collections. Par suite du développement à peu près égal des faces p (001), m ($1\bar{1}0$), (t 110) et i^1 (011) ces cristaux ont la forme d'octaèdres irréguliers, très aplatis et terminés par une large face f^1 (112) (fig. 32).

3° *Type Arbizon.* Les cristaux d'axinite de l'Arbizon sont très aplatis suivant p (001) (fig. 8 à 10) et rappellent comme développement certains cristaux de Bottalak en Cornwall. Ces cristaux s'empilent souvent et forment des masses laminaires ou même de véritables roches. Dans l'Oisans, on trouve des cristaux également aplatis suivant p (001), mais en général beaucoup plus épais; ces cristaux sont souvent riches en faces (fig. 2).

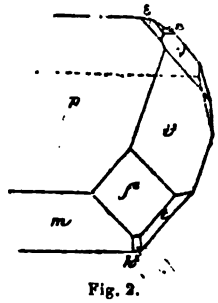


Fig. 2.
Axinite de l'Oisans aplatie suivant p (110).

4° *Type Piquette déras lids.* Les cristaux de ce type, que j'ai trouvé en assez grande abondance dans quelques échantillons de la Piquette déras lids et qui se rencontrent aussi dans l'Oisans, sont allongés suivant l'axe

vertical. Ils ont la forme de lames de canif très minces, à arêtes très tranchantes (fig. 11 et 12).

Un grand nombre des faces de l'axinite présentent des stries assez caractéristiques, mais n'existant pas toujours.

La face p (001) est généralement striée parallèlement à l'arête $p\,m$ (001) ($1\bar{1}0$) (fig. 3); elle porte souvent aussi de fines petites stries parallèles aux faces i^1(011), e^1($0\bar{1}1$) et f^1(112).

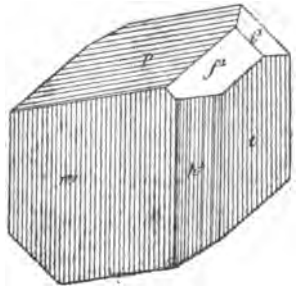


Fig. 3.
Axinite montrant les stries les plus fréquentes.

m porte des stries nombreuses, parallèles à l'axe vertical (fig. 3) et parfois aussi d'autres stries parallèles à l'arête $m\,f^1$ ($1\bar{1}0$) (112). En général, ces stries ne se croisent pas et on les observe à des extrémités différentes de la face (fig. 31 et 34). M. des Cloizeaux a signalé en outre des stries parallèles à l'arête $m\,e^1$ ($1\bar{1}0$) ($0\bar{1}1$).

Les autres faces de la zone verticale sont striées parallèlement à l'axe vertical ; les faces t (110), g^1 (010) et ^2g ($1\bar{3}0$) en sont souvent dépourvues (fig. 7).

Les faces c^5 ($\bar{1}.1.10$), c^2 ($\bar{1}14$), c^1 ($\bar{1}12$), $c^{1/2}$ ($\bar{1}11$) portent des stries parallèles à leur arête de zone, c^1 est parfois terne.

Enfin les faces f^1 (112), i^1 (011), γ ($\bar{1}32$) sont parfois striées ou ondulées parallèlement à leurs intersections mutuelles.

Quand la face h^1 (100) manque, les stries des faces p et m sont fort utiles pour l'interprétation des cristaux d'axinite. Quand ces stries n'existent pas, des mesures précises peuvent seules permettre d'orienter le cristal par suite des valeurs très voisines des angles pm (134°48′) et $m\,t$ (135°26′). Lorsque les faces x ($\bar{3}54$) et e^1 ($0\bar{1}1$) se rencontrent, elles facilitent l'orientation des cristaux. Les nombreuses figures données plus loin permettront au lecteur de s'en rendre compte.

Clivages. Clivages faciles suivant c^1 ($\bar{1}12$), g^1 (010) et ^2g ($1\bar{3}0$), interrompu suivant p (001) ; traces suivant m ($1\bar{1}0$) et γ ($\bar{1}32$) (Dx).

Cassure conchoïdale ou inégale. Le minéral est fragile.

Dureté. 6,5 à 7.

Densité. 3,29 à 3,30. Les cristaux de l'Oisans analysés par Rammelsberg (analyse *a*) avaient une densité de 3,295 qui s'est abaissée à 2,812 après fusion.

Coloration. Violet, parfois brunâtre, violet très pâle, rosé, brun

girofle, gris perle ou verdâtre. Poussière incolore. Le minéral est généralement transparent, plus rarement translucide.

Eclat vitreux très vif.

Inclusions. L'axinite de l'Oisans renferme souvent des inclusions de chlorite tout à fait identiques à celles qui ont été décrites dans la prehnite de la même région.

Les cristaux sont souvent rendus opaques par ces inclusions; leur surface est alors raboteuse. Dans l'axinite qui se développe dans les fentes des calcaires modifiés des Pyrénées, on observe fréquemment des inclusions de calcite, de pyroxène, d'amphibole, de sphène, de quartz, etc.

Propriétés optiques. Bissectrice aiguë *négative*, sensiblement normale à i^1 (011). La trace du plan des axes optiques (n_g) fait dans cette face un angle de 40° avec l'arête $m\ i^1$ (1$\bar{1}$0) (011) et un angle de 24°40′ avec l'arête $p\ i^1$ (001) (011) (Dx.).

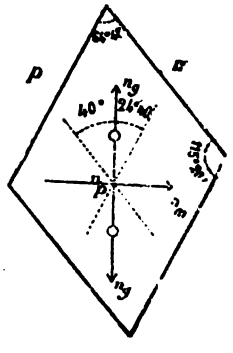


Fig. 4.
Section i^1 (011), perpendiculaire à la bissectrice aiguë négative.

Dispersion croisée presque nulle. Dispersion inclinée et horizontale notable (Dx.). La dispersion des axes, à peine sensible dans l'huile, est très forte dans l'air avec $\rho < \nu$. L'écartement des axes optiques est un peu variable dans les diverses plages d'un même cristal par suite d'entrecroisement de plusieurs individus cristallins. M. des Cloizeaux a constaté que la température modifiait très peu l'écartement des axes; le même savant a donné les indices et angles suivants mesurés sur des cristaux de l'Oisans (*a*, *b* et *c* sont les mesures prises suivant les plages sur des cristaux violets, *d* et *e* sur des cristaux chlorités de l'Oisans) :

	a		*c*		*e*	
	rouge	bleu	rouge	bleu	rouge	bleu
n_g					1,6810	1,6954
n_m	1,678	1,691	1,678	1,693	1,6779	1,6918
n_p					1,6720	1,6850

	2 H[1]		d'où	2 V	
	rouge	bleu		rouge	bleu
a	87°30′	87°47′		74°17′	74°39′
	86°33′	86°43′		73°32′	73°49′

1. L'indice de l'huile était de 1,465 (rouge), et 1,479 (bleu).

	2 H		d'où	2 V	
b	84° 7′			71° 35′	
	83° 20′	83° 28′		70° 57′	71° 6′
c	82° 15′			70° 5′	
	84° 11′	84° 34′		71° 38′	71° 59′
d	84° 24′	84° 50′		71° 48′	72° 12′
e				71° 38′	71° 49′
Calculé d'après les indices.					

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est des plus nets dans les teintes violettes.

Dans des plaques épaisses de 3 millimètres on observe les teintes de polychroïsme suivantes :

$\mathfrak{n}_g$ = jaune olive clair.
$\mathfrak{n}_m$ = violet intense.
$\mathfrak{n}_p$ = brun cannelle.

L'intensité de ce pléochroïsme est variable avec les localités. Les cristaux qui le manifestent le plus énergiquement sont ceux du pic d'Arbizon [(variété aplatie suivant *p* (001)] qui sont parfois encore pléochroïques en lames de $0^{mm}02$. La teinte violette suivant n_m persiste seule, alors que, suivant n_g et n_p, le minéral est incolore.

Les sections perpendiculaires à un axe optique montrent avec une grande netteté le phénomène des houppes. Ces sections donnent à la loupe dichroscopique, d'après Bertin, une plage rose et une autre blanc jaunâtre.

Propriétés électriques. D'après les expériences récentes de MM. Friedel et de Gramont, effectuées par le procédé bien connu de M. Friedel, l'axinite ne serait pas pyroélectrique.

Composition chimique.

Analyses :

a) de l'axinite de l'Oisans par Rammelsberg (*P. A.* L. 371. 1840. *Mineral. Chem.* 545. 1875.)

b) *id.* (*Z. d. G.* XXI. 692. 1869).

c) par Whitfield (*Am. J. of. Sc.* XXXIV. 281. 1887).

Je donne comme document les anciennes analyses de l'axinite de l'Oisans, faites avant la découverte de l'acide borique dans ce minéral.

d) Klaproth (*Hopfner's Magaz. Naturk. Helvetiens* I. 180. 1787. *Klaproth Beitr.* II. 118. 1797.

e) *id.* (V. 25. 1810).

f) Vauquelin (*J. M.* XII. 23. 17. 153. 1802).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
SiO^2...	44,57	43,46	41,53	52,7	50,50	44
B^2O^3..	4,50	5,61	4,62	»	»	»
Al^2O^3..	16,37	16,33	17,90	25,6	16	18
Fe^2O^3 .	9,67	2,80	3,90	»	9,50	14
FeO...	»	6,78	4,02	»	»	»
MnO...	2,62	2,62	3,79	9,6 ($Mn^2O^3+Fe^2O^3$)	5,25 (Mn^2O^3)	»
CaO...	20,19	20,19	21,66	9,4	17	19
MgO ..	1,73	1,73	0,74	»	»	»
K^2O...	0,11	0,11	»	»	0,25	4
H^2O...	»	1,45	2,16	»	»	1 (perte)
	99,76	101,08	100,32	97,3	98,50	99

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, se gonfle et fond facilement en une perle vert foncé, devenant noire au feu oxydant. Colore la flamme en vert, surtout lorsque le minéral est fondu avec un mélange de fluorine et de bisulfate de potasse. L'axinite est à peine attaquée par les acides, mais, après fusion, elle est facilement attaquée en faisant gelée.

Diagnostic. La forme de l'axinite est absolument caractéristique.

Dans les lames minces de roches, ce minéral en lumière polarisée parallèle prend des teintes de polarisation analogues à celles de l'orthose. Il s'en distingue facilement par sa réfringence assez élevée.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'axinite se rencontre dans trois sortes de gisements :

1° Dans les schistes cristallins et particulièrement dans leurs variétés pyroxéniques et amphiboliques), dans les roches sédimentaires anciennes, métamorphisées par le granite et la granulite, et plus rarement dans ces dernières roches. Dans la plupart des cas, l'axinite est un minéral de fumerolles ayant accompagné la venue des roches granitiques.

2° Dans les roches éruptives basiques anciennes (diabases, kersantites, gabbros) ou dans les sédiments modifiés par ces roches.

3° Dans des gisements métallifères.

Nous n'aurons à nous occuper ici que des deux premiers genres de gisement.

1° *Dans les schistes cristallins, les roches sédimentaires modifiées par le granite et la granulite, et dans le granite lui-même.*

C'est dans ce genre de gisement que se rencontrent tous les beaux cristaux d'axinite des gisements français. Ils tapissent des fissures ou des cavités de filonnets, généralement obliques ou perpendiculaires à la schistosité; ils sont souvent accompagnés par de la prehnite, de l'albite, de l'asbeste, du quartz et de la calcite.

Les cristaux du Dauphiné, que l'on rencontre dans les filonnets traversant les amphibolites granulitisées, sont tellement identiques, comme forme et comme conditions de gisement, à ceux qui se trouvent dans les schistes et calcaires paléozoïques des Pyrénées, à proximité du granite, que j'ai cru devoir les traiter dans le même chapitre.

Dans ces deux cas, l'axinite me paraît devoir sa naissance à des fumerolles qui ont *suivi* l'intrusion des roches granitiques. La formation de l'axinite est toujours postérieure au métamorphisme exercé sur les schistes ou calcaires par ces roches éruptives.

Les conditions respectives de ces deux sortes de gisement seront décrites en tête des paragraphes concernant les Pyrénées et le Dauphiné.

Normandie. — *Orne*. Le tome III du *Dictionnaire d'histoire naturelle*, publié à Paris en 1816, porte l'indication (p. 177) de l'existence de l'axinite en cristaux violets, très brillants, dans la granulite d'Alençon. Cette observation n'a été reproduite depuis par aucun auteur et je n'ai trouvé trace de ce minéral dans aucune collection. M. Le Tellier, très versé dans tout ce qui concerne la minéralogie de cette région, n'a pas connaissance de ce minéral. Les indications de gisements de l'ouvrage, cité plus haut, étant généralement exactes, il y a lieu d'attirer l'attention sur ce fait qui sera peut-être vérifié par des observations ultérieures.

Bretagne. — *Morbihan*. Le seul gisement breton d'axinite est celui de Billiers que j'ai signalé récemment (*Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest*. I. 210. 1891) d'après les indications que je dois à M. de Limur.

L'axinite se rencontre dans les mêmes conditions que la prehnite étudiée page 270 dans les fentes des gneiss pyroxéniques et amphiboliques de la côte de Billiers. Elle y forme de petites veinules violacées dans lesquelles j'ai pu observer des cristaux fort mauvais : p (001), m ($1\bar{1}0$), t (110), aplatis suivant m ($1\bar{1}0$). Ils renferment des inclusions de sphène, d'actinote, d'épidote et de calcite. L'axinite massive de ce gisement présente une grande analogie avec quelques variétés de roches à axinite des Hautes-Pyrénées dont il sera question plus loin.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. L'axinite est très abondante dans plusieurs gisements des Hautes-Pyrénées ; les cristaux de cette région sont cependant peu connus et leurs conditions de gisement n'ont jamais été déterminées avec précision.

Je me suis efforcé d'élucider cette question sur laquelle je crois pouvoir donner des documents intéressants.

Dans sa *Notice de quelques minéraux des Pyrénées*, Picot de Lapeyrouse annonce (*J. P.* XXVI. 431. 1785) qu'en 1782, il a trouvé des cristaux de schorl violet rhomboïdal, à la Piquette déras lids (pic d'Ereslids), au cours d'un voyage fait en compagnie de Dolomieu. En 1784, se joignant à quatre collectionneurs de Paris, il envoya un individu de Toulouse pour explorer le gisement. Des échantillons furent trouvés en place et en blocs éboulés ; il en fut vendu à Barèges et c'est ainsi que la découverte de ce minéral put être signalée par un nommé Pelletier (*J. P.* XXVI. 66. 1785), un peu avant le mémoire de Picot de Lapeyrouse. Ce dernier savant indiqua l'analogie de ces cristaux avec ceux de l'Oisans et les décrivit comme pauvres en faces et associés à du quartz, de l'asbeste, de la prehnite et de la calcite.

Depuis lors, l'axinite de la Piquette déras lids a été signalée dans tous les traités de minéralogie sans description spéciale ; seul, M. Schrauf a étudié (*Sitz. Akad. Wien.* LXII. 734. 1870) un échantillon donné en 1816 au Hofmuseum de Vienne ; les cristaux, analogues à ceux du Dauphiné, présentent les formes p (001), m ($1\bar{1}0$), t (110), h^1 (100), f^1 (112) et i^1 (011).

Le point où il est le plus facile d'étudier les conditions de gisement de l'axinite dans les Pyrénées est le cirque d'Arec, formé par les pics de Bassia et d'Arbizon. J'ai décrit pages 154 et 223 les intéressants phénomènes de métamorphisme que l'on observe au contact immédiat du granite et des calcaires dévoniens, transformés dans ces conditions

en roches silicatées, en grande partie constituées par du grenat grossulaire, accompagné d'idocrase.

J'ai pu constater en outre (*C. R.* CXV. 739. 1892) que, du granite, partent de petits filonnets minces d'axinite qui traversent les calcaires modifiés. A une cinquantaine de mètres de la roche éruptive, l'axinite devient rare ou même disparaît complètement. L'axinite a été produite sous l'influence du granite, mais sa formation ne s'est effectuée que lorsque les roches sédimentaires étaient déjà métamorphisées, ainsi qu'il est facile de s'en assurer en suivant le trajet de ces filonnets, moulant les minéraux métamorphiques des calcaires. L'axinite est là un minéral de fumerolles ayant suivi l'intrusion du granite; ces fumerolles ont eu parfois une action endomorphe et ont donné naissance au même minéral dans les fissures du granite lui-même.

Dans ce gisement, l'axinite se présente sous deux formes qu'il est facile de distinguer grâce à leur couleur; l'une est transparente, d'un violet rose très pâle, l'autre à peine translucide, d'un violet très foncé. Leurs formes cristallines sont, du reste, différentes.

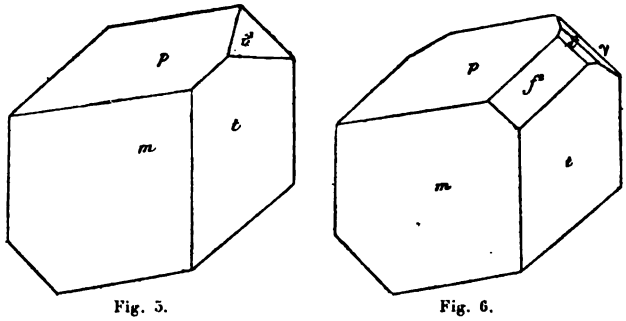


Fig. 5. Fig. 6.

Axinite du Pic d Arbizon

La première variété forme des filonnets, creusés de nombreuses géodes que tapissent de très jolis cristaux transparents, atteignant rarement 1 centimètre. Parfois ces cristaux sont engagés dans de la calcite laminaire dont on peut les isoler par l'action des acides. Ils sont très fragiles et ne sont pas accompagnés d'autres minéraux.

Ces cristaux sont généralement pauvres en faces (fig. 5 et 6); il n'est pas rare de trouver les faces p (001), m ($1\bar{1}0$) et t (110) seules avec parfois i^1 (011). Contrairement à ce qui se passe dans la plupart des autres gisements, f^1 (112) est souvent absente ou réduite à une facette linéaire, irrégulière. Souvent aussi, les cristaux présentent des cannelures profondes sur p (001) et toutes les faces de la zone verticale. Les faces γ ($\bar{1}32$) sont assez rares.

Dans un échantillon, j'ai cependant trouvé quelques petits cristaux, riches en faces, et présentant notamment la forme z ($\bar{1}21$) : ils sont représentés par la figure 7.

Ces cristaux, souvent parfaitement transparents, possèdent une couleur rosée pâle, très agréable à l'œil. C'est sans doute cette variété d'axinite qui a été signalée dans ce gisement par Charpentier (*op. cit.*)

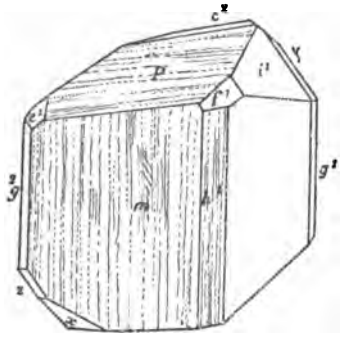


Fig. 7.
Axinite du Pic d'Arbizon.

Les cristaux sont implantés dans de l'axinite massive. Très fréquemment, ce minéral forme des masses fibrolamellaires (allongées suivant l'axe vertical) ayant jusqu'à un décimètre de longueur, entremêlées aussi d'asbeste ; elles sont localement creusées de cavités, renfermant de beaux cristaux, souvent alignés en grand nombre avec une commune orientation.

Cette variété d'axinite forme de petits filonnets minces, soit dans le granite lui-même, soit, plus rarement, dans les calcaires modifiés.

La seconde variété se rencontre exclusivement dans les roches métamorphiques. Elle y forme des filons ou des amas atteignant parfois un mètre de plus grande dimension ; souvent même, elle constitue une véritable roche.

Cette axinite est d'un beau violet foncé; elle forme rarement des cristaux nets : elle se présente en cristaux extrêmement aplatis suivant p (001) et fortement enchevêtrés ou empilés de façon à former des masses laminaires, généralement accompagnées d'actinote d'un beau vert. L'intervalle

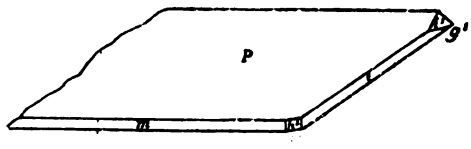


Fig. 8.

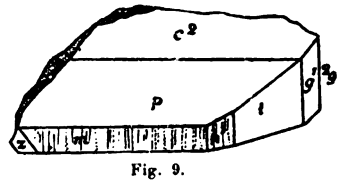


Fig. 9.

Axinite du pic d'Arbizon.

des cristaux est rempli par de la calcite ; on observe parfois de fines bordures cristallines dans les géodes, obtenues par la dissolution du calcaire (dissolution accidentelle sur les surfaces exposées à l'air ou artificielle, par l'action d'un acide). On y constate l'existence des faces m ($1\bar{1}0$),

t (110), h^1(100), g^1(010), ^2g ($1\bar{3}0$) avec plus rarement i^1 (011), f^1 (112), γ ($\bar{1}32$), z ($\bar{1}21$) et x ($\bar{3}54$) presque toujours extrêmement petites et arrondies. Ces cristaux se rapprochent du type de ceux de Botallak. Ils sont souvent colorés en jaune rougeâtre par des infiltrations de produits ferrugineux.

Les fig. 8 à 10 représentent les formes les plus habituelles de ces cristaux.

Parfois ils sont plus petits, la calcite devient plus rare ou disparaît et l'on est conduit à une véritable roche très dure, très tenace, qui n'est autre que celle décrite par Zirkel sous le nom de *limurite*, d'après des échantillons erratiques, recueillis par MM. de Limur et Frossard dans le lit de l'Adour (*N. J.* 1879. 379).

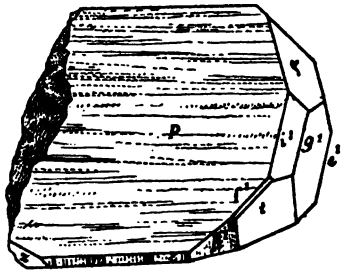


Fig. 10.
Axinite du pic d'Arbizon.

Cette roche est essentiellement constituée par de l'axinite, formant des plages enchevêtrées dont les intervalles sont remplis, suivant les gisements, par de la calcite, du quartz ou de l'épidote. L'axinite englobe de grands cristaux de pyroxène, généralement ouralitisé en une amphibole vert claire : le sphène est surtout abondant soit en cristaux distincts, soit en plages irrégulières, entourant du rutile ou de l'ilménite. L'axinite est parfois creusée de cavités irrégulières, remplies par de la calcite, de l'épidote ou du feldspath triclinique, offrant une même orientation sur une grande surface et formant, par suite, avec l'axinite une sorte de pegmatite graphique. L'amphibole (actinote) et la pyrite sont fréquentes comme minéraux drusiques.

Ces roches à axinite ne constituent pas à proprement parler un type pétrographique défini, mais varient souvent d'un échantillon à l'autre, suivant les conditions particulières de leur gisement.

L'axinite se trouve, dans les mêmes conditions qu'au Pic d'Arbizon, sur toute la lisière nord du massif granulitique du Néouvielle, sur une longueur de plus de 30 kilomètres. On la rencontre en abondance dans tous les ravins qui, à partir du col du Tourmalet, viennent s'ouvrir dans la vallée du Bastan. Ces ravins, dirigés sud-nord, sont séparés les uns des autres par le pic d'Espade, par les monts Campana et de Caubère et enfin la Piquette déras lids et le pic d'Ayré. Ils sont fort instructifs à visiter à leur point de jonction avec la vallée du

Bastan; ils y sont en effet taillés dans les schistes et calcaires paléozoïques, tandis que leur extrémité est formée par le granite. A une petite distance de leur entrée dans la vallée du Bastan, ces ravins présentent des éboulis grandioses dans lesquels on peut trouver toutes les roches et tous les minéraux qui abondent dans les pics escarpés et difficiles d'accès qui les dominent.

Dans le premier grand ravin que l'on rencontre en descendant du col du Tourmalet vers Barèges, j'ai trouvé l'axinite en abondance considérable. Dans les éboulis descendus du pic d'Espade, on observe des blocs d'axinite de plusieurs mètres cubes, présentant toutes les particularités de la variété la plus commune au pic d'Arbizon; les cristaux distincts sont moins aplatis suivant p (001) que ceux de ce dernier gisement (fig. 8), ils sont plus abondants et rappellent beaucoup certains cristaux de Botallak.

L'axinite en roche (*limurite*) présente de nombreuses variétés, différant de celles de l'Arbizon par l'abondance de l'épidote.

J'ai trouvé d'énormes blocs, constitués par de l'axinite en grandes lames violettes, englobées par de l'épidote en sphérolites jaune vif, ayant jusqu'à 0^{cm} 5 de diamètre.

Dans ce gisement, on trouve aussi des cristaux transparents, associés au quartz hyalin; ils ont les mêmes formes que ceux qui seront décrits plus loin à la Piquette déras lids.

Entre les monts de Campana et de Caubère, l'axinite se rencontre dans les mêmes conditions que dans le ravin d'Espade. Ce sont les variétés lamellaires qui dominent; j'ai cependant trouvé quelques petits cristaux peu transparents, tapissant les cavités d'épidote fibrocompacte.

Enfin, dans le ravin d'Escoubous, on trouve, en petite quantité, de bons échantillons d'axinite transparente, éboulés de la Piquette déras lids qui a fourni autrefois de superbes cristaux, pouvant rivaliser avec ceux de l'Oisans.

L'axinite de ce gisement se trouve dans les mêmes conditions qu'à l'Arbizon, en filonnets traversant les schistes et calcaires, modifiés par le granite, mais elle n'y forme que très rarement des filonnets massifs comme dans les gisements précédents. Le plus souvent, elle tapisse les parois des fissures où elle est associée à l'épidote et à la prehnite, qui ont été décrites pages 139 et 272, ainsi qu'à l'albite, à la calcite et au quartz hyalin en très beaux cristaux.

J'ai indiqué plus haut l'époque de la découverte de ce gisement; les

anciens auteurs, Picot de Lapeyrouse, Dietrich, Pasumot décrivent en termes pittoresques les procédés employés de leur temps par les chercheurs de cristaux, se faisant suspendre par des cordes pour découvrir des poches à minéraux dans des escarpements peu accessibles.

A l'heure actuelle, la tradition de ces hauts faits minéralogiques est à peu près perdue à Barèges et j'ai eu quelque peine à retrouver ce gisement.

L'axinite se rencontre surtout dans les abrupts dominant le ravin d'Escoubous. On n'en trouve que de très rares et très mauvais échantillons sur le flanc Est de la Piquette, dominant la rive droite du ravin de Glairé (ou de Lienz). Par contre, de ce côté de la montagne, ainsi que sur son flanc nord, l'albite est très abondante, mais elle s'y trouve seule ou associée au quartz et à l'asbeste.

J'ai examiné un assez grand nombre de cristaux d'axinite de ce gisement, provenant de mes recherches personnelles, de la collection de Picot de Lapeyrouse, que j'ai pu étudier grâce à l'obligeance de M. Caralp et enfin de celle de l'Ecole des Mines.

Ces cristaux sont à rapporter à deux types : le type commun, et celui que j'ai désigné sous le nom de type de la Piquette déras lids.

Type de la Piquette déras lids. Les cristaux de ce type, d'un violet très pâle et parfois même incolores, ne dépassent guère 1 centimètre de longueur; ils ont la forme d'une lame de canif et sont très minces; leurs arêtes sont extrêmement tranchantes. Les faces de la zone verticale sont profondément cannelées parallèlement à leurs intersections mutuelles; les faces p (001) sont aussi souvent striées.

Fig. 11.

Fig. 12.

Axinite allongée suivant l'axe vertical. (Piquette déras lids)

Les formes les plus habituelles sont les suivantes : p (001), m ($1\bar{1}0$), t (110), (fig. 11); avec parfois f^1 (112), (fig. 12); h^1 (100); je n'ai trouvé que sur un seul cristal des traces de i^1 (011) et de x ($\bar{3}54$).

Type commun. Les cristaux de ce type sont tout à fait identiques à ceux de l'Oisans. Leur couleur est le violet plus ou moins foncé; ils atteignent 2 centimètres; j'ai extrait, d'un échantillon d'asbeste, de petits cristaux complets, presque incolores, d'environ $0^{mm}5$. Ils sont

d'une perfection de forme irréprochable, mais sont généralement pauvres en faces. En outre des formes énumérées plus haut, j'ai trouvé rarement $\gamma(\bar{1}32)$, $e^4(0\bar{1}1)$ et plus rarement encore $g^4(010)$ et ${}^2g(1\bar{3}0)$. Les figures 13 à 18 représentent les combinaisons principales que j'ai observées.

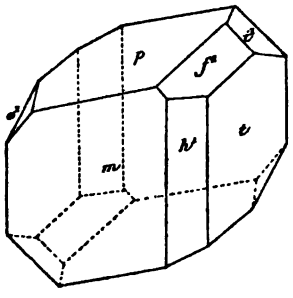


Fig. 13.

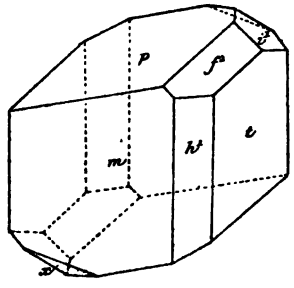


Fig. 14.

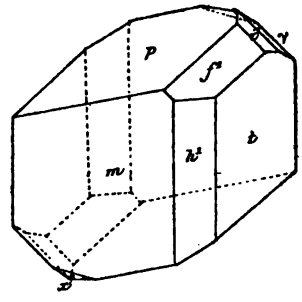


Fig. 15.

Axinite de la Piquette déras lids.

Il y a lieu de noter la très grande rareté des faces c^1 et c^2 que je n'ai observées que sur deux cristaux.

Enfin, l'axinite a été signalée dans quelques autres points de cette région; ne les ayant pas visités moi-même, je ne puis préciser la nature géologique de leur gisement; j'ai vu dans la collection de M. Frossard des échantillons provenant de quelques-uns d'entre eux.

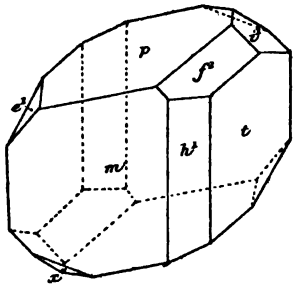


Fig. 16.

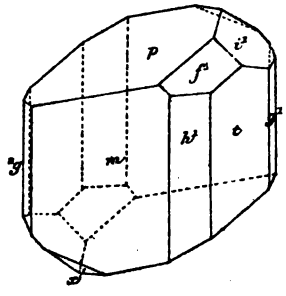


Fig. 17.

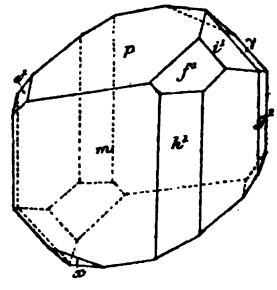


Fig. 18.

Axinite de la Piquette déras lids.

Dans la région du Tourmalet, M. Frossard a signalé des cristaux transparents du type de ceux de la Piquette déras lids; ils sont accompagnés d'asbeste et de calcite. Il est probable qu'ils proviennent d'un

des ravins d'Espade ou de Campana où j'ai trouvé en place des échantillons analogues.

L'axinite recueillie par le même minéralogiste près de Gripp (haute vallée de l'Adour) est implantée sur un bloc erratique de granite, provenant certainement du massif du pic d'Arbizon.

M. de Limur a trouvé en place (*Exploration minéralogique dans les Hautes-Pyrénées*. Vannes. 14. 1878) une roche d'axinite, analogue à celle de l'Arbizon (*limurite*), dans le quartier de montagne de Bizourtère, au milieu des abrupts de la rive gauche du ruisseau descendant du lac Bleu à Chiroulet, dans la vallée de Lesponne. M. Frossard (*op. cit.*) l'a également signalée dans la région du lac de Peyrelade (*masssif du pic du Midi*). Cette région est constituée par des gneiss et par des schistes à andalousite granulitisés; il est probable que l'axinite s'est formée là sous l'influence de la granulite. Il faut espérer que des recherches ultérieures viendront préciser la nature géologique de ces gisements.

Enfin Pasumot, dans ses *Voyages physiques dans les Pyrénées* (Paris. 1797. p. 271), signale l'axinite (*schorl violet*), accompagnée de quartz hyalin dans les fentes des schistes (*schistes à andalousite*) de la Hourquette de Cinq-Ours, sur le flanc droit d'un ravin descendant à Tramazaigues, à une centaine de mètres de la Hourquette (Pic du Midi).

Notons en outre que M. Gourdon a rapporté de la haute vallée de Nère des échantillons d'axinite. Ils appartiennent au type le plus commun à l'Arbizon et ont une semblable origine; ils recouvrent un calcaire renfermant de l'épidote.

Haute-Garonne. Le même savant a recueilli au Mail de Soulan et à Beauregard près Luchon des blocs erratiques renfermant de l'axinite du même type; ce minéral est implanté sur un calcaire à grenat.

Ariège. J'ai trouvé dans la vallée de Saleix de l'axinite d'un violet très pâle en larges cristaux aplatis, sans formes nettes et formant même des masses laminaires. Ils remplissent les fissures du granite, sur les contreforts du pic de Gabanatous, dominant le ruisseau de Saleix; ils sont accompagnés de très petits cristaux d'épidote jaune pâle, de quartz et d'albite.

Alpes. — *Isère*. La première mention qui ait été faite de l'axinite se trouve dans Romé de l'Isle qui, dans son article consacré au *schorl*, décrivit ce minéral sous le nom de « schorl transparent lenticulaire terminé

par six plans rhombes ou rhomboïdaux » (*op. cit.* II. 353. 1783). On y trouve la mention suivante au sujet du gisement de ce minéral. » C'est à M. Schreiber, directeur des mines de Monsieur, à Allemont en Dauphiné, que je dois la première connaissance de cette variété de schorl très singulier. Il m'en a envoyé, au moment où l'on venait d'en faire la découverte, deux cristaux solitaires, parfaitement caractérisés, et plusieurs autres groupés sur la même roche. C'est (dit-il dans la lettre qu'il m'écrivit à ce sujet le 16 septembre 1781) près de la Balme d'Auris que ces morceaux ont été trouvés dans la roche primitive feuilletée de M. de Saussure ou kneiss des Saxons, dans les fentes ou gerçures où cette espèce de cristallisation est accompagnée de schorl vert, d'amiante et d'asbeste. J'ai visité cet endroit, mais je n'ai pu avoir que très peu de morceaux. Ce schorl est accompagné de schorl vert en longues aiguilles prismatiques à cannelures multipliées [*épidote*], d'autres petits cristaux du schorl rhomboïdal d'un blanc mat ou demi-transparent dont la forme est analogue à celle des macles de schorl blanc rhomboïdal [albite] qui se rencontre dans l'amiante des environs de Barèges. Le tout est entremêlé d'amiante et d'asbeste en fibres parallèles ou contournées, ce qui donne un rapport de plus entre cette roche et celle qui se trouve dans les Pyrénées. »

En 1792, Delamétherie nomma (Sciagraphie I. 287) *yanolithe* ce minéral pour lequel Haüy proposa (*J. M.* I. 264. an V) le nom d'*axinite*, adopté depuis.

L'axinite est très abondante dans l'Oisans ; on la rencontre dans une large zone d'amphibolites et de schistes chloriteux granulitisés, constituant le point de jonction des trois feuilles de la carte d'Etat-Major de Grenoble, de Vizille et de Briançon. Au nord et à l'ouest, les points extrêmes où l'axinite a été signalée sont : la montagne de Chalanches près Allemont et la Cime du Cornillon, mais les gisements les plus riches se trouvent aux environs immédiats du Bourg-d'Oisans : sur la rive droite de la Romanche, dans la montagne d'Auris, soit au dessus du hameau du Vernis au rocher d'Armentier (ou d'Armentières), soit au hameau de la Balme ; sur la rive gauche de la Romanche, d'importants gisements se trouvent à la Rampe des Commères, sur la route de Briançon et dans divers autres points de la montagne du Mont de Lans. Ces gisements se relient à ceux de la Combe de la Selle près Saint-Christophe, par un petit nombre de points de Tête-Mouthe et du glacier de Mont de Lans.

Dans ces divers gisements, l'axinite se trouve dans des filonnets transversaux à la schistosité des roches cristallophylliennes. Ils sont généralement très nombreux, mais peu importants. Les poches à cristaux ont rarement plus de trois ou quatre mètres carrés et n'ont généralement que quelques décimètres de hauteur. Les cristaux d'axinite, localement accompagnés de *quartz*, de *prehnite*, d'*épidote*, d'*albite* et d'*orthose* sont implantés sur leurs parois ou se trouvent isolés dans une argile ferrugineuse, remplissant souvent les géodes. Ce sont ces cristaux qui constituent les échantillons répandus dans toutes les collections (fig. 19).

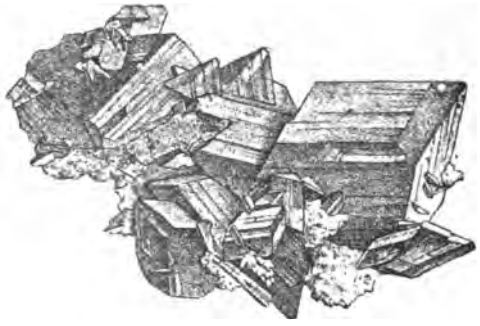


Fig. 19.
Axinite de l'Oisans.

La plupart des gisements cités plus haut sont très anciennement connus. M. Groth les a coordonnés dans un intéressant compte rendu d'une excursion qu'il a faite en 1885 (*Sitzb. d. k. bayr. Ak. d. Wissensch.* 371) sous la conduite du guide Albertazzo, qui m'a également accompagné dans cette région et chez lequel j'ai pu étudier un grand nombre d'échantillons.

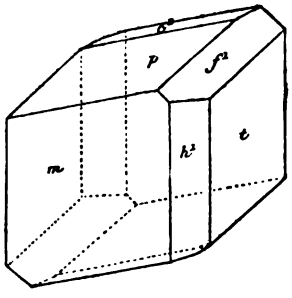


Fig. 20.

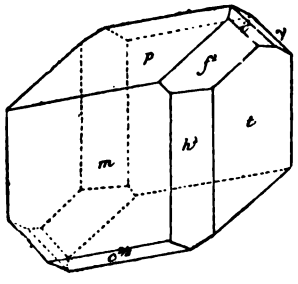


Fig. 21.
Axinite de l'Oisans.

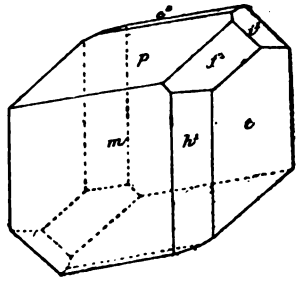


Fig. 22.

Le gisement qui a fourni les plus beaux cristaux est celui du rocher d'Armentier; les anciens cristaux que l'on trouve dans les vieilles collections ont une couleur brun violacé, très caractéristique, ainsi qu'une

forme spéciale qui sera décrite plus loin ; ils étaient associés à de très beaux cristaux d'albite.

Le guide Albertazzo exploite encore aujourd'hui des poches à cristaux qui se trouvent sur le flanc du rocher d'Armentier, au dessus du hameau du Vernis. Elles sont d'accès assez périlleux et produisent notamment des cristaux complets, isolés dans l'argile ; ce sont les plus gros que

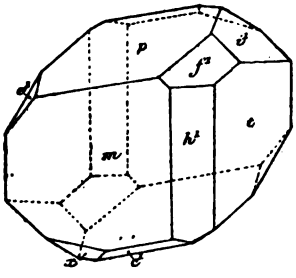


Fig. 23.

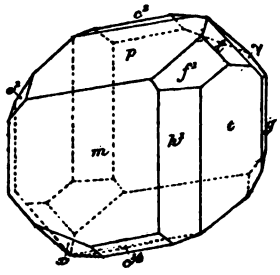


Fig. 24.
Axinite de l'Oisans.

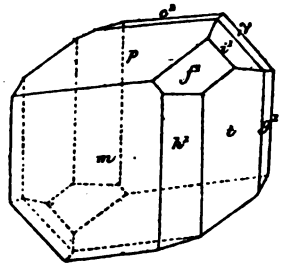


Fig. 25.

l'on puisse recueillir actuellement dans l'Oisans, mais ils sont très pauvres en faces, différant ainsi des cristaux anciennement trouvés dans la même montagne : ils sont parfois accompagnés d'orthose et d'albite.

En montant à la Balme d'Auris, à environ 200 m. au dessus du vieux pont, jeté sur la Romanche, et sur un abrupt regardant le torrent,

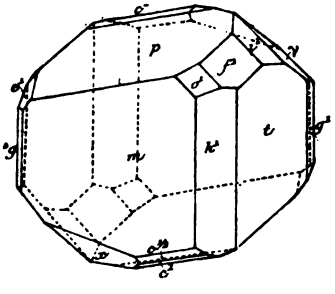


Fig. 26.

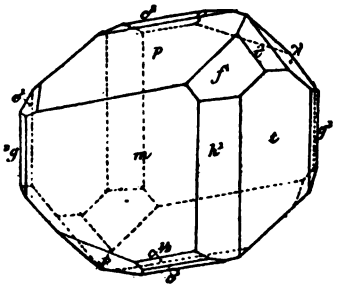


Fig. 27.
Axinite de l'Oisans.

il existe des poches à cristaux où l'on recueille encore des cristaux violet clair, associés à des cristaux m (110), a^1 ($\bar{1}01$) et parfois p (001) d'orthose blanc laiteux.

Vis à vis ce gisement et sur la rive gauche de la Romanche, se trouvent plusieurs gisements à visiter (Rampe des Commères). Cette

année, lors de mon voyage en Oisans, Albertazzo y exploitait une cavité, très riche en axinite, implantée sur l'amphibolite granulitisée ; les cristaux en général n'y forment pas de groupes continus, mais sont isolés sur leur gangue. Ils sont fort nets et riches en faces. Ils sont accompagnés de quartz hyalin en beaux cristaux, englobant une épidote jaune verdâtre dont il a été question page 149. L'axinite est elle-même souvent implantée sur quartz.

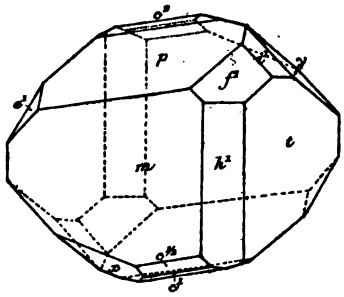


Fig. 28.
Axinite de l'Oisans.

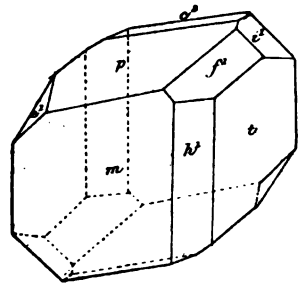


Fig. 29.
Axinite de la Rampe des Commères.

Dans le gisement de la Combe de la Selle (voir page 274), l'axinite est associée à l'orthose, au quartz et à la prehnite.

Plus au nord, le gisement de la Cime du Cornillon donne quelques bons cristaux d'axinite, associés à l'épidote.

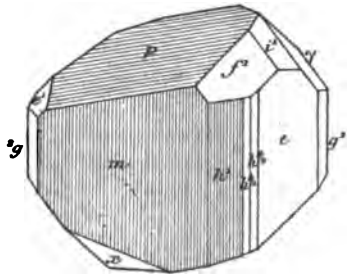


Fig. 30.

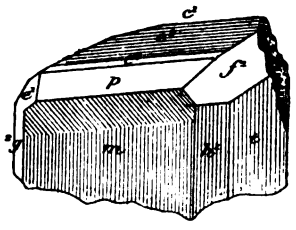


Fig. 31.

Axinite de la Rampe des Commères.

Tels sont, à l'heure actuelle, en Oisans, les gisements fournissant des cristaux d'axinite.

Les auteurs qui ont décrit ce minéral n'ont jamais précisé les gisements d'où provenaient leurs matériaux d'étude ; ils se sont contentés de les indiquer comme provenant du Dauphiné ou de l'Oisans. Cela

n'a, du reste, pas grande importance dans l'espèce, les formes étant (sauf pour une forme spéciale à l'Armentier) à peu près les mêmes dans ces divers gisements.

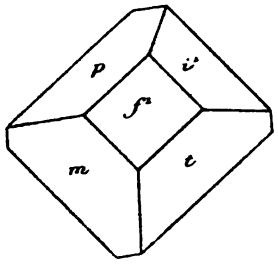


Fig. 32.
Axinite du rocher d'Armentier.

Les cristaux sont généralement peu compliqués et tous ceux dans lesquels j'ai trouvé des formes rares, se sont rencontrés accidentellement en très petit nombre au milieu des cristaux à formes communes.

Les cristaux de l'Oisans ont été étudiés par Neumann (*P. A.* IV. 67. 77. 1825), Lévy (*op. cit.* 1838, II. 112 et *Atlas* ; à la suite de M. des Cloizeaux, j'ai adopté la forme donnée par cet auteur et reproduit un certain nombre de ses figures), par M. Marignac, M. des Cloizeaux (*op. cit.* I. 515) et enfin par vom Rath (*P. A.* CXXVIII. 20 et 227.1866) qui a mesuré un grand nombre de cristaux (voir plus haut) et décrit plusieurs faces nouvelles : $h^{3/2}(510)$, h^3 (210), ${}^2h$ ($3\bar{1}0$), ε ($\bar{3}56$), α ($1\bar{3}1$), d ($1\bar{3}2$), k ($1\bar{5}2$), ζ ($\bar{3}55$).

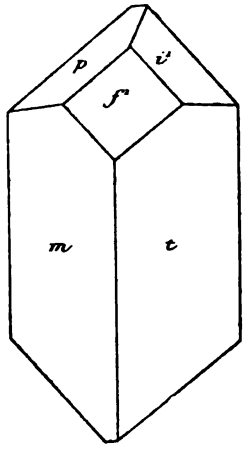


Fig. 33.
Axinite du rocher d'Armentier.

Les cristaux les plus communs présentent les formes qui ont été figurées plus haut à l'occasion de la Piquette déras lids.

Contrairement à ce qui a lieu dans ce gisement, les faces c^2 ($\bar{1}14$), c^4 ($\bar{1}12$), $c^{4/2}$ ($\bar{1}11$) sont assez fréquentes ainsi que g^4 (010), ${}^2g$ ($1\bar{3}0$). Les autres faces de la zone verticale sont rares ; je n'ai, personnellement, observé qu'une seule fois $h^{9/2}$ (11. 7. 0) et $h^{3/2}$ (510) (fig. 30), c^5 ($\bar{1}$.1.10) (fig. 31), z ($\bar{1}21$) et ε ($\bar{3}56$) ; o^4 (101) est très rare (fig. 26).

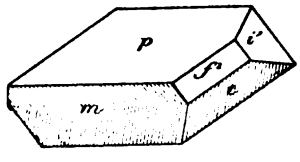


Fig 34.
Axinite de la Rampe des Commères, aplatie suivant p (001).

Les faces f^1 sont toujours très développées ; dans quelques cristaux du rocher d'Armentier, i^1 prend en outre une grande importance. Ces cristaux que j'ai désignés plus haut comme constituant un type spécial (*type Armentier*) ont la forme de la fig. 32. Plus rarement ils s'allongent suivant l'axe vertical (fig. 33).

J'ai observé dans plusieurs échantillons de l'Oisans, des cristaux

présentant le type *Piquette déras lids*, c'est-à-dire des cristaux allongés et très cannelés suivant l'axe vertical comme ceux des fig. 11 et 12.

Enfin, d'autres cristaux sont aplatis suivant p (001) et rappellent parfois, comme développement, certains cristaux de Bottalak. Tantôt ils sont pauvres en faces comme celui de la fig. 34, provenant de la Rampe

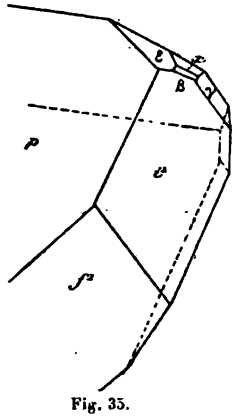


Fig. 35.

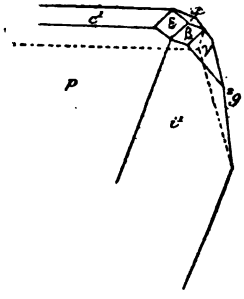


Fig. 36.
Axinite de l'Oisans.

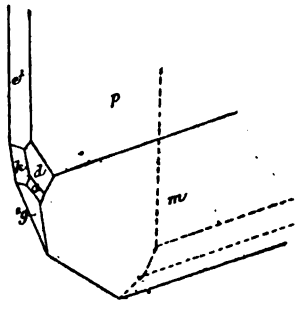


Fig. 37.

des Commères, tantôt, au contraire, ils présentent les faces ε ($\bar{3}56$), β ($\bar{1}22$), k ($1\bar{5}2$), d ($1\bar{3}2$), x ($\bar{3}54$) représentées par les figures 35 à 37, empruntées au mémoire de vom Rath.

Les quatre premières de ces faces sont très rares. Quant à la face ζ ($\bar{3}55$), elle a été signalée par vom Rath comme constituant de petites facettes non mesurables entre x ($\bar{3}54$) et ε ($\bar{3}56$) : elle fait en outre partie de la zone β ($\bar{1}22$), i^1 (011).

J'ai trouvé, à la Balme d'Auris, un beau cristal présentant cet aplatissement particulier ; il a la forme de celui de la figure 38 donnée par vom Rath : la face p (001) est bordée d'un côté de fines facettes c^2 ($\bar{1}14$), c^1 ($\bar{1}12$), m ($1\bar{1}0$) et de l'autre par i^1 (011), g^1 (010) et e^1 ($0\bar{1}1$) qui est marquée en pointillé sur la figure. Ce cristal est remarquable par l'existence de deux zones seulement : cette combinaison se rencontre, d'après vom Rath, dans les cristaux de Saxe.

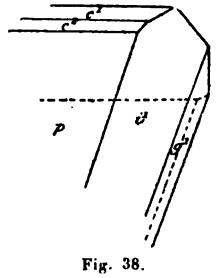


Fig. 38.
Axinite de la Balme d'Auris.

Les fig. 39 et 40 représentent d'après le même savant deux cristaux aplatis suivant m ($1\bar{1}0$) dans lesquels se trouvent la plupart des faces décrites par cet auteur dans l'axi-

nite de l'Oisans. Dans ces figures, la face ^2h a été, par suite d'une erreur de gravure, notée h : cette face n'a été observée que sur un seul cristal et déterminée par les zones x $(\bar{3}54)$ i^1 (011) et h^1 (100) g^1 (010), dont elle fait partie.

Notons enfin l'existence de masses fibrolamillaires d'axinite rappelant celles du pic d'Arbizon. Comme dans ce gisement, leurs druses sont souvent tapissées de cristaux empilés et alignés en grand nombre suivant une même orientation.

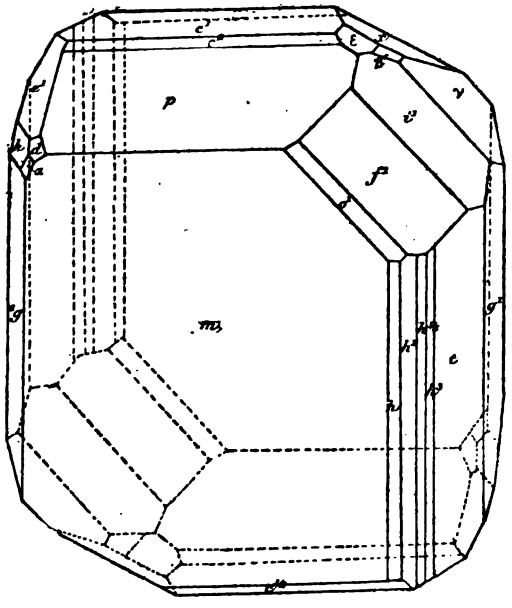


Fig. 39.

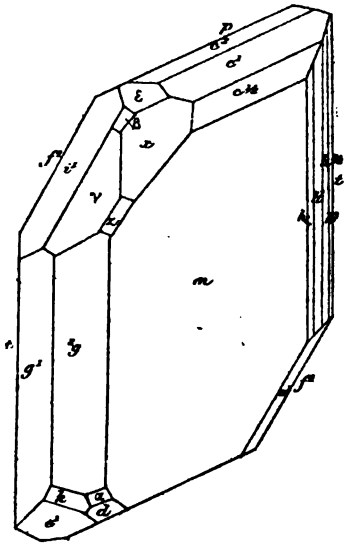


Fig. 40.

Axinite de l'Oisans[1].

Quant à l'axinite signalée par Héricart de Thury (*J. M.* XX. 59. 1816) au pied de la montagne de Chalanches près Allemont, à peu de distance de la cascade de Baton (rive droite de la vallée de la Romanche), elle formait, dans les amphibolites, de petits filonnets violets, sans cristaux distincts ; elle était associée à l'épidote jaune compacte.

Massif du Mont-Blanc. La première mention qui ait été faite, à ma connaissance, de l'axinite du massif du Mont-Blanc, se trouve dans le tome III du *Dictionnaire d'histoire naturelle* dont il a été question plus

1. Dans les figures 39 et 40, la face h située entre h^1 et m a pour symbole ^2h $(3\bar{1}0)$.

haut (1816, p. 117). Ce minéral se trouve en divers points de la région : au dôme du Goûter, à la fontaine du Caillet sur le Montanvers (sur le chemin de Chamonix à la mer de Glace) et au glacier des Bossons.

L'axinite de ces gisements se rapporte au type le plus commun de ceux de l'Oisans ; les cristaux que j'ai eus à ma disposition ne sont pas riches en faces et présentent les combinaisons $p\ m\ t$, $p\ m\ t\ h^1\ f^1$ avec plus rarement i^1, γ et x.

Les cristaux de la fontaine du Caillet d'un violet foncé, sont parfois formés par l'interpénétration d'un grand nombre d'individus à axes imparfaitement parallèles ; ces cristaux sont irréguliers et tendent à prendre des formes en selle. Ils sont accompagnés de petits cristaux de quartz avec calcite et albite.

Dans plusieurs échantillons de prehnite (*koupholite*) de la partie sud du glacier des Bossons, j'ai trouvé de jolis petits cristaux violets et transparents d'axinite. Ils ont la même forme que ceux qui viennent d'être étudiés et sont englobés par la prehnite.

Tous les cristaux de cette région, que j'ai pu étudier, n'étant pas sur gangue, il n'est pas possible de savoir s'ils proviennent de druses du granite (*protogine*) ou de celles des schistes modifiés par lui.

b) *Dans les roches basiques ou à leur contact avec des roches sédimentaires.*

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées.* C'est sous le bénéfice d'une vérification ultérieure que je cite ici un gisement d'axinite, indiqué par M. Frossard (*B. S. M.* VI. 87. 1883), d'après une observation de M. Vaussenat. L'axinite a été trouvée par ce dernier minéralogiste dans le val de Trébons près Bagnères-de-Bigorre (près du premier pont de la vallée, sur la rive droite de la rivière).

Le minéral constitue des plaquettes, composées de cristaux violacé pâle, peu distincts par suite des conditions de leur formation dans une fissure aux deux parois desquelles ils étaient adhérents.

D'après les indications de M. Frossard, cette axinite aurait été trouvée dans un schiste quartzeux (?) à proximité d'un piton ophitique ; l'échantillon que j'ai eu entre les mains est dépourvue de gangue.

Vosges. — M. Daubrée a signalé (*C. R.* XVIII. 870. 1844 et *Bull.*

Soc. géol. 2e série. 1. 409. 1843-44) dans les Vosges l'existence de l'axinite dans des conditions géologiques intéressantes. Ce savant a en effet trouvé ce minéral au Petit-Donon de Rothau dans un calcaire dévonien fossilifère, modifié au contact d'une roche éruptive basique (porphyrite amphibolique ou micacée ?).

Ces calcaires formaient des lentilles au milieu de quartzites. Depuis lors, cette observation n'a été citée par aucun auteur.

M. Daubrée m'a indiqué l'existence de son échantillon original à l'Ecole des Mines et j'ai pu m'assurer qu'il est bien constitué par de l'axinite ; les cristaux brun jaunâtre possèdent les formes p (001), m ($1\bar{1}0$), t (110), f^1 (112), i^1 (011) ; l'échantillon présente un gros cristal engagé dans une cavité d'une roche constituée par des aiguilles d'actinote, et par le grenat cité page 234 ; le tout est cimenté par de la calcite.

Ce gisement d'axinite est fort remarquable : son mode de formation est tout à fait analogue à celui de l'axinite des Pyrénées. Mais il est intéressant de voir le même minéral se former dans des calcaires sous l'influence des roches aussi différentes que celles de ces deux gisements. Il serait à désirer que des recherches nouvelles soient entreprises dans les Vosges pour retrouver ce minéral.

Notons enfin que le Dr Carrière a cité (*Ann. Soc. d'Encour. Vosges.* 1889), sans aucune description, l'axinite dans le gabbro (*euphotide*) d'Odern.

FRIEDELITE

$H^7Mn^5Si\ O^{10}Cl$

Rhomboédrique : $pp = 123°42'$ (Bertrand)
$[a : c = 1 : 0{,}5624]$

Formes observées : a^1 (0001), e^2 ($10\bar{1}0$), p ($10\bar{1}1$).

Les deux angles suivants ont été mesurés par M. E. Bertrand.

$pp = 123°42'$ $\qquad$ $pa^1 = 147°$

Faciès des cristaux. Les cristaux forment généralement de petites lames hexagonales, aplaties suivant la base. Les faces prismatiques sont striées parallèlement aux arêtes basiques; souvent ces faces sont raboteuses et ternes.

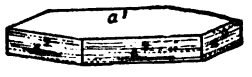


Fig. 1.
Friedelite d'Adervielle.

Clivages. Clivage net suivant la base, donnant facilement des lames minces pour l'examen optique.

Dureté. La dureté est inférieure à 4.

Densité. 3,07 (Bertrand). 3,02 (Lx.).

Coloration. Rouge brun, rouge carmin, rouge rosé. Les cristaux que j'ai étudiés, grâce à l'obligeance de M. Gourdon, sont beaucoup plus colorés à la périphérie qu'au centre. Poussière blanc rose.

Eclat vitreux faible, éclat résineux dans la cassure.

Propriétés optiques. La biréfringence est énergique; à un axe négatif.

Pléochroïsme. J'ai observé un pléochroïsme très énergique sur un petit cristal taillé parallèlement à une face e^2. Sous une épaisseur d'environ $0^{mm}5$ on observe :

$n_g\omega$ = brun rouge foncé
$n_p\varepsilon$ = jaune très pâle

Composition chimique. Une première analyse est due à M. E. Bertrand (*C. R.* 6 mai 1875) (*a*); c'est M. Gorgeu qui a fixé définitivement la composition chimique du minéral (*B. S. M.* VII. 3. 1884) (*b*). Voir aussi : Friedel (*B. S. M.* VII. 71).

	a	*b*
SiO^2.....	36,12	34,45
MnO.....	53,05	48,25
MgO	2,96	1,20
CaO.....		0,40
MnO.....	»	2,60
Cl.....	»	3,40
H^2O.....	7,87	9,60
	100,00	99,90

Le minéral est très voisin de la *pyrosmalite.*

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, la friedelite fond facilement

en un verre noir. Le minéral ne commence à perdre son eau qu'au rouge sombre, en prenant une teinte de plus en plus foncée (Gorgeu, *B. S. M.* VII. 60. 1884); il est attaqué avec gelée par les acides bouillants et étendus.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées.* La friedelite a été décrite par M. E. Bertrand (*C. R.* XLII. 1167. 1876) et dédiée à M. Friedel. Les premiers échantillons trouvés formaient des masses compactes ou clivables, accompagnant la rhodonite et la diallogite dans les mines de manganèse de la montagne d'Azet, qui sépare la vallée de la Neste de Louron, de celle de la Neste d'Aure, entre les villages d'Azet et d'Adervielle (Hautes-Pyrénées). Peu après, le même savant en découvrit (*notice séparée.* Paris. Juillet 1876) des cristaux nets, engagés dans des géodes de diallogite et accompagnés d'alabandine. Ce sont des échantillons de ce genre que j'ai eu l'occasion d'étudier (fig. 1), grâce à l'obligeance de MM. Gourdon et Goguel.

Ils ont été recueillis par M. Gourdon dans les travaux de recherches près des Granges de Nabias, au dessus et à l'est du village de Genost.

Les cristaux nets de friedelite constituent dans ce gisement une très grande rareté. Ce minéral y forme le plus souvent des masses cristallines, d'un rouge carmin, lilas, ou violacé, La friedelite se trouve sous cette dernière forme dans le quartier de montagne de Tramont (commune de Loudervielle) et à la mine de Germ (vallée de Louron); M. Gourdon me l'a en outre signalée en très petite quantité à la mine de Jurvielle, à l'ouest de Luchon (Haute-Garonne).

Le minéral autrefois exploité dans les mines de cette région était de la *pyrolusite*, résultant de la décomposition de diallogite et de rhodonite.

M. Beaugey qui a étudié ces gisements au point de vue géologique, (*B. S. G.*, XVII, 301, 1889), les considère tous comme situés dans le dévonien. Le rhodonite, associé au quartz, y forme des couches ou des amas stratifiés, contemporains des schistes encaissants.

ERRATA

P. 97, ligne 11 (en remontant), et p. 249, ligne 8 (en remontant), au lieu de Arlane, *lire* Arlanc.

P. 133, ligne 7 (en remontant), après $d^{1/1}$ (111), *ajoutez* $d^{3/2}$ (113).

— ligne 11 (en remontant), *au lieu de* 64°43′, *lire* 64°33′.

P. 134, dans tableau, 3e colonne, ligne 7 (en remontant), *au lieu de* b^1 $b^{1/1}$ *lire* $a^{1/2}$ $b^{1/2}$.

P. 135, ligne 4, *au lieu de :* sont terminés soit, *lire* sont terminés, le plus souvent, soit...

— ligne 5, *au lieu de* $b^{1/2}$ (111), *lire* $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) ; *au lieu de* ($1\bar{1}0$), *lire* (110).

P. 139, ligne 8, *au lieu de* (101), *lire* ($\bar{1}01$).

P. 143, ligne 18, *supprimer p* (001).

P. 144, ligne 7, *au lieu de* (101), *lire* ($\bar{1}01$).

P. 149, ligne 9 (en remontant), *au lieu de* ($\bar{2}01$), *lire* (201).

P. 150, ligne 16, *au lieu de* ($\bar{1}01$), *lire* (101).

P. 152, ligne 10, *au lieu de* o^1, *lire* o^2.

P. 153, dans le tableau des angles, 1re colonne, *au lieu de* 111°, *lire* 69°.

P. 155, ligne 13, *au lieu de* dominantes avec *p* (001) a^1, *lire* dominantes avec a^1.

P. 160, ligne 4 de la 2e colonne du tableau : intervertir les angles calculés et mesurés de $b^{1/2}$ *m*.

— ligne 14, *au lieu de* (fig. 1), *lire* (fig. 2).

— ligne 6 (en remontant), *au lieu de* ces gisements, *lire* nos gisements.

P. 169, ligne 5 (en remontant), *au lieu de* SiO *lire* SiO^4.

— ligne 11 (en remontant), *au lieu de* (Mg, Fe^2), *lire* $(Mg, Fe)^2$.

P. 170, ligne 2, *au lieu* de $Si\,O^2$, *lire* $Si\,O^4$.

— ligne 5 (en remontant), *au lieu de* (Mg^2SiO^2) et (Fe^2SiO^2), *lire* (Mg^2SiO^4) et (Fe^2SiO^4).

P. 171, ligne 3 de la 2e colonne du tableau, *au lieu de* 155°1′, lire 155°2′.

P. 172, ligne 2 (en remontant), *au lieu de* $Al^2\,O^2$, *lire* Al^2O^3.

P. 199, ligne 8, *au lieu de* $n_g - n_p = 0.038$, *lire* $n_g - n_p = 0.033$.

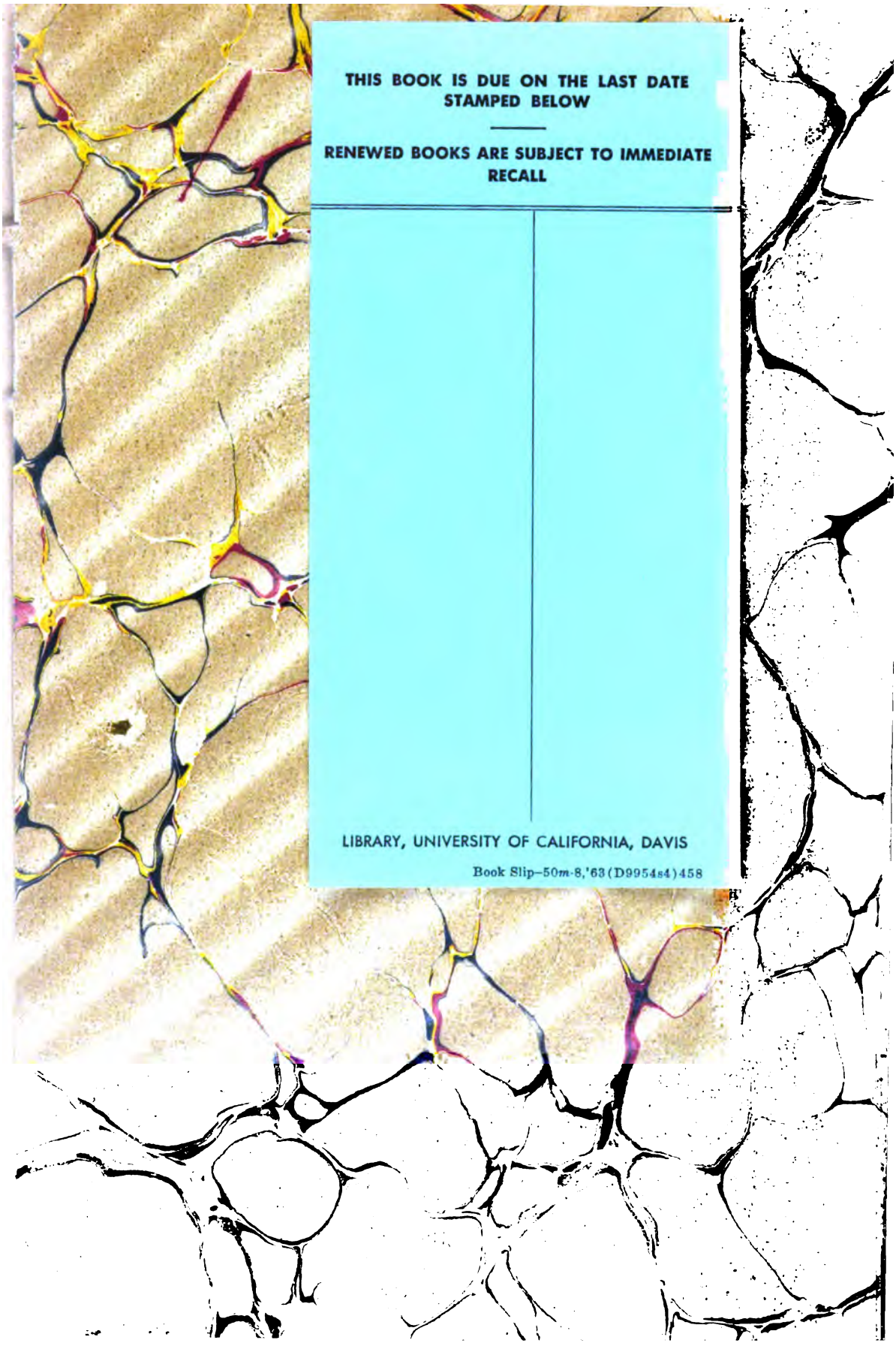
P. 201, ligne 3, *au lieu de* tétartoédrique, *lire* parahémiédrique.

— ligne 7, *au lieu de* ($21\bar{3}4$), *lire* ($21\bar{3}1$).

— ligne 8 du tableau, 1re colonne, *supprimer* $b^1e^2 = 110°53'$ qui se trouve répété.

P. 250, ligne 3, *au lieu de* Puy d'Alloix, *lire* puy d'Olloix.

— ligne 8 (en remontant), *au lieu de* Boërn, *lire* Boën.



THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE
STAMPED BELOW

RENEWED BOOKS ARE SUBJECT TO IMMEDIATE
RECALL

LIBRARY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, DAVIS

Book Slip–50m-8,'63(D9954s4)458

308871
Lacroix, A.
Minéralogie de la

Call Number:
QE381
F8
L3

Lacroix
QE381
F8
L3
v.1
pt.1

PHYSICAL
SCIENCES
LIBRARY

LIBRARY
UNIVERSITY OF CALIFORNIA
DAVIS

308871